

MR 00/899

EJV

10/049719

REC'D 10 OCT 2000

WIPO

PCT

대한민국 특허청

KOREAN INDUSTRIAL
PROPERTY OFFICEPRIORITY
DOCUMENTSUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto
is a true copy from the records of the Korean Industrial
Property Office.

출원번호 : 특허출원 1999년 제 33359 호
Application Number

출원년월일 : 1999년 08월 13일
Date of Application

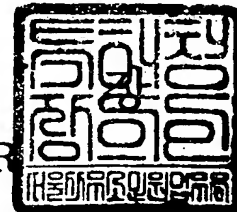
출원인 : 엘지전선 주식회사 외 1명
Applicant(s)



2000 년 08 월 17 일

특허청

COMMISSIONER



【서류명】 특허출원서

【권리구분】 특허

【수신처】 특허청장

【제출일자】 1999.08.13

【발명의 명칭】 전송용량증대를 위한 광케이블 및 그를 사용한 파장분할다중화 방식 광전송 시스템

【발명의 영문명칭】 Fiber Optic Cable for Increased Transmission Capacity and Wavelength Division Multiplexed System Using the Same

【출원인】

【명칭】 엘지전선 주식회사

【출원인코드】 1-1998-000283-2

【출원인】

【명칭】 한국과학기술원

【출원인코드】 3-1998-098866-1

【대리인】

【성명】 손창규

【대리인코드】 9-1998-000300-9

【대리인】

【성명】 백덕열

【대리인코드】 9-1998-000217-2

【대리인】

【성명】 이태희

【대리인코드】 9-1998-000323-2

【발명자】

【성명의 국문표기】 김동영

【성명의 영문표기】 KIM, Dong Young

【주민등록번호】 580131-1047217

【우편번호】 156-020

【주소】 서울특별시 동작구 대방동 대림아파트 107-303

【국적】 KR

【발명자】

【성명의 국문표기】 정윤철

【성명의 영문표기】 CHUNG, Yun Chur

【주민등록번호】 560430-1001518

【우편번호】 305-333

【주소】 ~~대전광역시 유성구 아은동 한빛아파트 101-401~~

【국적】 KR

【심사청구】 청구

【취지】 특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사를 청구합니다. 대리인

손창규 (인) 대리인

백덕열 (인) 대리인

이태희 (인)

【수수료】

【기본출원료】 20 면 29,000 원

【가산출원료】 46 면 46,000 원

【우선권주장료】 0 건 0 원

【심사청구료】 54 항 1,837,000 원

【합계】 1,912,000 원

【첨부서류】 1. 요약서·명세서(도면)_1통 2. 위임장_2통[추후제출]

【요약서】

【요약】

본 발명은 복수개의 접속광섬유를 포함하는 파장분할다중화 시스템용 광케이블에 관한 것으로, 상기 광케이블은 상기 접속광섬유 각각이 소정 동작 파장에서의 서로 다른 분산치, 서로 다른 분산 기울기, 서로 다른 길이 및 서로 다른 유효면적을 갖는 복수개의 광섬유를 상기 광케이블 내에서 임의의 순서로 접속하여 형성된다.

【대표도】

도 6a

【색인어】

파장분할다중화방식용 광케이블

【명세서】

【발명의 명칭】

전송용량증대를 위한 광케이블 및 그를 사용한 파장분할다중화방식 광전송 시스템
{Fiber Optic Cable for Increased Transmission Capacity and Wavelength Division
Multiplexed System Using the Same}

【도면의 간단한 설명】

도 1은 파장에 따른 광섬유의 손실을 나타내는 그래프.

도 2a는 논-제로 분산천이광섬유를 사용한 50 GHz 채널간격을 갖는 8채널 파장분할
다중화방식 광전송 시스템의 일예를 개략적으로 도시한 도면이고, 도 2b는 상기 광전송
시스템에서 광증폭기 구간에서 길이에 따른 누적분산치의 변화를 나타내는 그래프.

도 3은 도 2a에 도시된 광전송 시스템의 동작특성을 나타내는 도면으로, 도 3a는
아이 다이어그램이고, 도 3b는 광 스펙트럼을 나타내는 도면.

도 4는 도 2a에 도시된 광전송 시스템에서 평균분산치가 6ps/nm-km로 설정된 광섬
유를 포설한 경우의 동작특성을 나타내는 도면으로, 도 4a는 아이 다이어그램이고, 도
4b는 광 스펙트럼을 나타내는 도면.

도 5는 본 발명에 따른 2 섹션 타입 광케이블의 개념도.

도 6a는 본 발명에 따른 2 섹션 타입 광케이블을 사용한 50 GHz 채널간격을 갖는 8
채널 파장분할다중화 방식 광전송 시스템의 일예를 개략적으로 도시한 도면이고, 도 6b
는 상기 광전송 시스템에서 광증폭기 구간에서 길이에 따른 누적분산치의 변화를 나타
내는 그래프.

도 7은 도 6a에 도시된 광전송 시스템의 동작특성을 나타내는 도면으로, 도 7a는 아이 다이어그램이고, 7b는 광 스펙트럼을 나타내는 도면.

도 8은 도 6a에 도시된 광전송 시스템에서 평균분산제어를 나타내는 그래프.

도 9a 및 9b는 $55 \mu\text{m}^2$ 의 유효면적을 갖는 본 발명에 따른 광케이블을 사용한 50 GHz 파장분할다중화 방식 광전송 시스템의 동작특성을 나타내는 도면.

도 10은 도 6a에 도시된 광전송 시스템에서 유효면적제어를 나타내는 그래프.

도 11은 도 6a에 도시된 광전송 시스템에서 섹션길이의 변화에 따른 4광파혼합현상의 제어를 나타내는 그래프.

도 12는 본 발명에 따른 3 섹션타입 광케이블의 개념도.

도 13a는 본 발명에 따른 3 섹션 타입 광케이블을 사용한 50 GHz 채널간격을 갖는 8 채널 파장분할다중화 방식 광전송 시스템의 일예를 개략적으로 도시한 도면이며, 도 13b는 광증폭기 구간에서 길이에 따른 누적분산치의 변화를 나타내는 그래프.

도 14는 도 13a에 도시된 광전송 시스템의 특성을 나타내는 도면으로, 도 14a는 아이 다이어그램을 나타내며, 도 14b는 신호의 광 스펙트럼을 나타내는 그래프.

도 15는 본 발명에 따른 광케이블간 접속상태를 예시한 도면.

【발명의 상세한 설명】

【발명의 목적】

【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】

<16> 본 발명은 파장분할다중화(Wavelength Division Multiplexing) 방식 광전송 시스템에서 사용되는 광케이블에 관한 것으로서, 특히 광섬유당 전송용량을 극대화하기 위하여 광

섬유의 비선형성으로 인한 영향을 최대한 억제하는 동시에 분산특성을 적절한 수준으로 제어한 광케이블에 관한 것이다. 또한, 본 발명은 상기 광케이블을 사용한 파장분할다

중화 방식 광전송 시스템에 관한 것으로써, 특히, 전송용량을 증대시키기 위하여 채널간 격을 축소하는 경우에도 원활하게 동작가능한 파장분할다중화 방식 광전송 시스템에 관한 것이다.

<17> 광섬유를 이용한 광통신은 전송 손실이 낮고 대량의 정보를 빠른 시간안에 전송할 수 있으므로 급속하게 발전해 왔다. 장거리를 비교적 신호의 손상이 적은 상태로 전송 가능한 새로운 광섬유의 개발, 반도체 레이저와 같은 우수한 광원 등이 등장하면서 광통신은 한층 더 발전하였다.

<18> 그러나, 어느 광섬유든 신호파장성분의 군속도 차이로 인한 신호의 퍼짐현상인 색분산(chromatic dispersion)을 갖게 되는데, 이러한 색분산으로 인해 수신단에서는 신호가 중첩되어 복조가 불가능하게 되는 등 광통신에서 치명적인 결과가 유발되었다. 이러한 색분산(이하, 분산이라 칭함)을 최소화하기 위한 시도가 있어왔으며, 동작파장이 1310 nm 영역에서 제로 분산을 달성할 수 있음을 알게 되었다.

<19> 한편, 광섬유에서 전체 손실과 파장간의 관계를 고려하여 보면, 도 1에 도시된 바와 같이 1550 nm 파장에서 분산값은 1310 nm 보다 클지라도 손실은 최소임을 알게 되었다. 또한, 1530 nm 내지 1565 nm의 파장영역을 증폭하는 새로운 광증폭기가 개발됨에 따라 1550 nm의 동작 파장영역을 사용함으로써 무중계 장거리 전송이 가능해졌다. 이로 인하여, 제로분산을 기존의 1310 nm의 파장영역에서 1550 nm의 파장영역으로 천이시켜 분산과 손실의 최소화를 도모하는 분산천이광섬유(Dispersion-Shifted Fiber: 이하, 'DSF'라 함)가 출현하게 되었다.

<20> 이러한 광섬유의 발전과 함께 보다 많은 양의 정보를 빠르게 전송하기 위하여, 서로 다른 파장의 복수개의 광신호를 다중화하여 한 광섬유로 동시에 전송하는 파장분할다중화 방식이 등장했다. 1550 nm의 파장영역에서 파장분할다중화 방식을 이용한 광통신은 이미 상용화되어 있다.

<21> 이러한 파장분할다중화 방식 광전송 시스템에서 상술한 DSF를 사용할 경우, 제로 분산을 달성할 수 있음에도 불구하고 신호왜곡이 발생한다. 이는 광섬유의 분산이 제로가 되면 그로 인한 신호의 왜곡은 감소할지라도, 서로 다른 파장의 광들이 혼합되어 새로운 간섭신호를 발생시키는 4광파혼합(Four-Wave-Mixing)과 같은 광섬유의 비선형성에서 기인한 것이다.

<22> 특히, 파장분할다중화 방식을 이용하여 광전송 시스템에서 그 전송용량을 더욱 증가시키려면 채널수를 증가시키는 것이 가장 현실적이다. 그러나, 광증폭기의 증폭 대역이 제한되어 있으므로 채널수를 증가시키려면 채널간격을 축소할 수밖에 없다. 채널간격이 축소되면 4광파혼합과 같은 광섬유의 비선형성은 더욱 큰 문제를 유발시킨다.

<23> 이러한 비선형성은 채널간격이 넓어지거나 광섬유의 분산치가 증가할수록 감소한다. 그러나, 광섬유의 분산치가 증가하면 그로 인한 광신호의 왜곡이 발생하여 전송품질이 저하되는 것을 피할 수 없다.

<24> 결국, 파장분할다중화 방식 광전송 시스템의 전송용량을 극대화하려면 광섬유의 분산치를 조절해야할 필요성이 도출된다. 즉, 분산이 너무 크면 신호왜곡이 심해지며, 분산이 너무 작아 제로에 가까워지면 광신호가 4광파혼합현상과 같은 비선형성으로 인한 신호열화를 유발하게 된다. 따라서, 분산으로 인한 문제와 비선형성으로 인한 문제를 동시에 해결하기 위한 광섬유의 등장이 요청되었다.

<25> 1994년 7월 5일자로 특허된 미국 특허 제5,327,516호는 비선형성을 억제하기 위해 서 1550 nm 파장에서 1.5 내지 4 ps/nm-km의 범위에 있는 분산치를 갖는 파장분할다중화 방식용 광섬유를 개시하고 있다. 상기 특허에서는 광섬유의 분산치가 제로가 되지 않도록 하므로, 그에 개시된 광섬유는 논-제로 분산천이광섬유(Non-zero Dispersion Shifted Fiber: 이하, 'NZ-DSF'라 함)라 불리며, 현재 루슨트 테크놀로지 인코포레이티드사에 의해 시판되고 있다.

<26> NZ-DSF는 광섬유가 1.5 내지 4 ps/nm-km 범위의 분산치를 갖게 함으로써 상기 4광파혼합현상을 억제할 수 있다는 점에서 큰 의의를 가진다. 그러나, 상기 NZ-DSF를 사용하여 긴 전송거리를 전송하고자 할 때, 또는 채널수를 증가시키는 경우, 한 채널에서 누적된 분산은 큰 음의 분산치를 갖는 분산보상모듈(dispersion compensation module: 'DCF')을 사용하여 보상할 수 있을 지라도, 여러 채널에 있어서 분산기울기에 의해 증가된 여분의 분산을 보상하기란 용이하지 않다.

<27> 또한, NZ-DSF는 상대적으로 분산치가 작을 뿐 아니라, 유효면적이 $55 \mu\text{m}^2$ 로서 그다지 크지 않다(단일모드광섬유는 대략 $80 \mu\text{m}^2$ 의 유효면적을 가진다). 유효면적은 광신호가 광섬유안에 위치해있는 실제적인 면적이므로, 광섬유의 유효면적이 클수록 동일한 광전력에 대해 광신호 밀도가 작아지게 되어 광섬유에서 비선형성이 상대적으로 적게 발생하게 된다. 따라서, NZ-DSF의 상대적으로 작은 유효면적으로는 채널간격이 매우 좁아지는 경우 4광파혼합현상을 충분히 억제하기 어렵다.

<28> 특히, 현재의 파장분할다중화 방식 광전송 시스템에서는 채널간격이 200 GHz에서 100 GHz로, 그리고 50 GHz로 점차 축소되는 추세에 있다. 이러한 추세는 전송용량을 증가시키기 위한 필요성에 의한 것이다. 그러나, NZ-DSF는 상술한 문제점들로 인하여 채

널간격이 50 GHz 정도로 좁아지는 경우 파장분할다중화 방식 장거리 광전송 시스템에 적용되기 어렵다.

<29> 도 2a는 NZ-DSF를 사용한 파장분할다중화 방식 광전송 시스템(20)의 일례를 개략적으로 도시하고 있다. 상기 광전송 시스템(20)은 50 GHz의 채널간격과 8개의 채널수를 가지며, 채널당 0 dBm의 광전력이 광원으로로부터 공급된다. NZ-DSF(24)는 총 480 km의 거리에 걸쳐 포설되어 있으며, 한 구간(span)마다 분산을 보상하기 위한 분산보상광섬유(25: 'DCF')가 광증폭기(23)와 함께 설치되어 있다. 도 2a의 광전송 시스템(20)의 구체적인 사양이 표 1에 나타나 있다.

<30>

< 표 1 >

<31>

데이터 전송율	10 Gb/s
채널간격	50 GHz
광전력	채널당 0 dBm
채널수	8
광케이블 포설길이	480 km
광증폭기 설치구간길이	80 km
광섬유 손실	0.2 dB/km

<32>

도 2a에 도시된 광전송 시스템은 8개의 서로 다른 파장의 광을 제공하는 송신단(21), 전송되는 광을 증폭하기 위한 광증폭기(23) 및 전송된 광을 수신하는 수신단(22)으로 크게 구성되며, 송신단(21)과 수신단(22) 사이에 NZ-DSF(24)가 포설되어 있다.

<33>

도 2a의 광전송 시스템에서 사용되는 NZ-DSF(24)는 3.0 ps/nm-km의 평균분산을 갖는다. 평균분산은 광신호가 전송되면서 누적되는 분산치를 전송거리로 나눈 값이다(이하에서 분산치라 함은 평균분산치를 지칭한다). 80 km 지점에서 NZ-DSF는 대략 240 ps/nm의 누적분산치를 갖게 되며, 이 누적분산치는 -240 ps/nm의 분산치를 갖는 분산보상광섬유(25)에 의해 보상된다.

<34> 도 2b는 도 2a의 광전송 시스템에서 80 km의 거리를 진행했을 때의 누적분산치의 변화를 나타내는 그래프이다. 도 2b를 참조하면, 누적분산치가 NZ-DSF가 포설된 길이에 따라 선형적으로 계속 증가하는 것을 알 수 있다.

<35> 도 3a는 도 2a의 광전송 시스템의 아이 다이어그램을 나타낸다. 도 3a로부터 알 수 있듯이, 분산이 완전히 보상되었음에도 불구하고 아이가 선명하지 않고 크게 오픈되어 있지 못하여, 신호의 열화가 심한 상태임을 알 수 있다. 이러한 신호의 열화는 주로 4광파혼합현상에 기인한 것이다. 도 3b는 도 2a의 광전송 시스템에서 신호의 광스펙트럼을 나타낸다. 도 3b에서 화살표(35)로 표시된 부분에 송신된 신호와 무관한 신호 스펙트럼이 발생하는 것을 확인할 수 있다. 이러한 신호 스펙트럼은 4광파혼합현상으로 인하여 발생하는 것으로써, NZ-DSF를 사용하는 경우 파장분할다중화 방식 광전송 시스템의 채널간격이 50 GHz로 좁아지면 4광파혼합현상으로 인하여 전송품질이 매우 저하되는 것을 도 3b로부터 확인할 수 있다.

<36> 한편, 도 4a는 도 2a에 도시된 광전송 시스템에서 비선형성을 억제하기 위하여 증가된 분산치 6 ps/nm-km를 갖는 광섬유를 NZ-DSF 대신에 포설한 경우, 상기 광전송 시스템의 아이 다이어그램을 나타내며, 도 4b는 신호의 광스펙트럼을 나타내고 있다. 이 경우 광섬유의 분산치가 일반적인 NZ-DSF의 분산치(1.5-4 ps/nm-km)보다 크므로 4광파혼합현상이 어느정도 억제되어 도 3a에 도시된 아이 다이어그램보다는 신호열화가 개선되지만, 4광파혼합현상으로 인하여 여전히 아이 다이어그램이 충분히 크게 오픈되어 있지 못함을 알 수 있다. 따라서, 도 4로부터 50 GHz 정도의 채널간격을 갖는 광전송 시스템에서 사용하려면 광섬유의 평균 분산치가 적어도 6 ps/nm-km 보다 커야 하는 것을 알 수 있다.

<37> 결국, 종래의 NZ-DSF를 사용하는 경우, 파장분할다중화 방식 광전송 시스템의 전송용량을 증대시키기 위하여 채널간격을 50 GHz로 축소하게 되면 4광파혼합현상으로 인하여 신호가 제대로 전송될 수 없게 된다. 이러한 결과는 NZ-DSF를 사용하는 광전송 시스템의 최대전송용량을 제한한다.

<38> 따라서, 광섬유당 전송용량을 증가시키기 위하여 파장분할다중화 방식 광전송 시스템의 채널간격을 50 GHz로 축소하려면 종래의 NZ-DSF보다 분산특성과 4광파혼합현상의 억제특성이 한층 향상된 광케이블의 개발이 시급하다.

【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

<39> 본 발명은 이러한 종래기술의 문제점을 해결하고, 채널간격이 축소된 파장분할다중화 방식 광전송 시스템에서도 적용가능하도록 함으로써 광섬유당 전송용량을 극대화할 수 있는 광케이블을 제공하는 것을 그 목적으로 한다. 또한, 본 발명은 상기 광케이블을 사용하여 전송용량이 증가된 50 GHz의 채널간격을 갖는 파장분할다중화 방식 광전송 시스템을 제공하는 것을 그 목적으로 한다.

<40> 본 발명은 이러한 목적을 달성하기 위해, 복수개의 접속광섬유를 포함하는 파장분할다중화 시스템용 광케이블로서, 상기 복수개의 접속광섬유 각각은 서로 다른 분산치, 분산기울기, 길이 및 유효면적을 갖는 복수개의 광섬유를 상기 광케이블 내에서 임의의 순서로 접속하여 형성되는 광케이블을 제공한다.

<41> 본 발명의 다른 측면에 따르면, 본 발명은 복수개의 접속광섬유를 포함하는 파장분할다중화 시스템용 광케이블로서, 상기 복수개의 접속광섬유 각각은 소정 동작파장에서 제1 분산치, 제1 분산기울기, 제1 길이 및 제1 유효면적을 갖는 제1 광섬유; 및 소정

동작파장에서의 제2 분산치, 제2 분산기울기; 제2 길이 및 제2 유효면적을 갖는 제2 광섬유;를 포함하며, 상기 접속광섬유는 상기 제1 광섬유와 상기 제2 광섬유를 임의의 순서로 접속하여 형성되는 광케이블을 제공한다.

<42> 본 발명의 또 다른 측면에 따르면, 복수개의 접속광섬유를 포함하는 파장분할다중화 시스템용 광케이블로서, 상기 복수개의 접속광섬유 각각은 소정 동작파장에서의 제1 분산치, 제1 분산기울기, 제1 길이 및 제1 유효면적을 갖는 제1 광섬유; 소정 동작파장에서의 제2 분산치, 제2 분산기울기, 제2 길이 및 제2 유효면적을 갖는 제2 광섬유; 및, ~~소정 동작파장에서의 제1 분산치, 제1 분산기울기, 제3 길이 및 제1 유효면적을 갖는~~ 제3 광섬유;를 포함하며, 상기 접속광섬유는 제1 광섬유, 제2 광섬유 및 제3 광섬유를 순차적으로 접속하여 형성되는 광케이블을 제공한다.

<43> 또한, 본 발명은 소정 채널간격 및 전송채널수를 갖는 파장분할다중화 방식 광전송 시스템에 있어서, 서로 다른 파장의 광신호를 제공하는 송신단; 상기 송신단에 접속되어 상기 광신호를 다중화하는 다중화기; 복수개의 광케이블로서, 상기 광케이블은 복수개의 접속광섬유를 포함하며, 상기 접속광섬유 각각은 서로 다른 분산특성, 길이 및 유효면적을 갖는 복수개의 광섬유를 상기 광케이블 내에서 임의의 순서로 접속하여 형성되는 광케이블; 상기 복수개의 광케이블간을 상호접속하는 접속수단; 전송되는 광을 증폭하는 광증폭기; 상기 광케이블을 통해 전송된 광신호를 역다중화하는 역다중화기; 및, 상기 역다중화기에 접속되어 상기 역다중화된 광신호를 수신하는 수신단;을 포함한다.

<44> 본 발명의 다른 측면에 따르면, 본 발명의 파장분할다중화 방식 광전송 시스템은 50 GHz의 채널간격을 갖는다.

<45> 본 발명은 서로 다른 종류의 광섬유를 접속하여 만들어진 접속광섬유의 분산특성으로

인해, 4광파혼합현상을 충분히 억제할 수 있게 되어 신호의 왜곡없이 동작하는 전송용량이 증대된 파장분할다중화 방식 광전송 시스템을 제공할 수 있다.

<46> 본 발명에 있어서, 접속광섬유의 형성시 서로 반대되는 부호의 분산치를 갖는 광섬유들을 번갈아서 접속한다. 따라서, 서로 다른 종류의 광섬유가 접속되면, 광신호가 본 발명에 따른 광케이블을 통해 전송될 때 먼저 큰 양의 누적분산치가 나타나고 그 큰 누적분산치로 인해 4광파혼합현상이 현저하게 억제된다. 이후 큰 음의 분산치를 갖는 다른 종류의 광섬유가 상기 양의 분산치를 갖는 광섬유와 접속되면서 상기 누적분산치는 빠르게 보상되게 된다. 결국, 이러한 과정이 반복되면서 분산은 분산대로 보상되어 광케이블마다 소정의 평균분산치를 유지하도록 하며, 광신호가 진행함에 따라 반복적으로 큰 누적분산치가 나타나면서 4광파혼합현상이 계속적으로 억제되게 된다.

<47> 그러나, 동일 분산치를 갖는 광섬유의 길이가 10 km 이상으로 증가할 경우 광케이블의 길이는 20 km 이상으로 증가하게 되어 광케이블의 제작 및 포설 등이 용이하지 않다. 본 발명에서는 현실적으로 제작가능한 범위 내에서 4광파혼합현상을 억제할 수 있는 최적 길이와 분산치를 갖는 광케이블을 제공한다.

<48> 따라서, 본 발명에 따른 광케이블은 평균 분산치는 종래의 NZ-DSF의 평균 분산치 정도로 유지하면서도 4광파혼합현상을 충분히 억제할 수 있게 된다.

<49> 또한, 본 발명에 따른 광케이블은 상기 접속광섬유를 구성하는 각각의 광섬유의 유효면적을 제어하여, 상기 접속광섬유의 유효면적을 소망하는 크기를 갖도록 할 수 있어, 4광파혼합현상은 더욱 억제할 수 있게 된다.

<50> 결국, 본 발명에 따른 광케이블은 현저하게 4광파혼합현상을 억제할 수 있으므로, 전송

용량을 증대시키기 위해 채널간격이 감소된 파장분할다중화 방식 광전송 시스템에서도 전송신호의 열화를 최대한 억제할 수 있다.

<51> 본 발명이 이외에도 다른 이점을 갖는 것은 이하의 발명의 상세한 설명을 통해 더욱 명확해질 것이다.

<52> 이하, 첨부 도면을 참조하면서 본 발명의 구성을 상술한다.

【발명의 구성 및 작용】

<53> 도 5를 참조하면, 본 발명에 따른 광케이블의 개념도가 도시되어 있다.

<54> 도 5에 (41)로 나타난 것은 본 발명에 따른 광케이블이다. 광케이블(41)내에 복수개의 접속광섬유(42)가 포함되지만, 설명의 편의를 위해 하나의 접속광섬유(42)만을 도시하였다.

<55> 도 5에 도시된 접속광섬유(42)는 하나의 제1 광섬유(43)와 하나의 제2 광섬유(44)를 접속하여 형성된다. 접속지점(45)은 종래의 스플라이싱기법을 사용하여 접속하면 된다. 본 발명에서 사용되는 스플라이싱기법에 대한 상세한 사항은 '광섬유 통신 II(Optical Fiber Telecommunications II: 1988년)' 제263면 내지 제300면에 기술되어 있는 스테판 씨. 메틀러 등에 의한 논문 '광섬유 스플라이싱(Optical Fiber Splicing)'을 참조한다.

<56> 상기 제1 광섬유(43)와 제2 광섬유(44)는 서로 다른 종류의 것으로, 서로 다른 특성을 갖는다. 양 광섬유(43, 44)는 제1, 제2 분산치(D_1 , D_2), 제1, 제2 유효면적(A_1 , A_2) 및 제1, 제2 길이(l_1 , l_2)를 각각 갖는다. 또한, 양 광섬유(43, 44)는 제1 및 제2 분산 기울기(S_1 , S_2)를 갖는다.

<57> 상기 접속광섬유(42)를 포함한 광케이블(41)은 파장분할다중화 방식 광전송 시스템에서 사용될 것이므로, 상기 접속광섬유(42)는 그 광전송 시스템에서 요구되는 소정 분산치와 유효면적을 가질 필요가 있다. 상기 접속광섬유(42)의 분산치, 분산기울기, 길이 및 유효면적(D_{cf} , S_{cf} , l_{cf} , A_{cf})은 상기 제1, 제2 광섬유의 각각의 분산치, 유효면적 등을 조절하여 상기 시스템에서 요구되는 값을 갖도록 제어할 수 있다.

<58> 상기 접속광섬유의 길이(l_{cf})는 제1 광섬유의 제1 길이(l_1)와 제2 광섬유의 제2 길이(l_2)를 합한 것이 된다. 상기 접속광섬유의 평균 분산치(D_{cf})는 하기 식 (1)에 의해 결정된다.

$$\text{<59> } D_{cf}(\lambda) = \frac{D_1(\lambda)l_1 + D_2(\lambda)l_2}{l_1 + l_2} \quad \text{---- (1)}$$

<60> 상기 식 (1)에서 알 수 있는 바와 같이, 접속 광섬유(42)의 분산치는 상기 제1 광섬유(43) 및 제2 광섬유(44)의 각각의 분산치와 길이에 의해 조절가능하게 된다.

<61> 분산치를 파장에 대해 미분한 것에 해당되는 접속 광섬유의 분산 기울기(S_{cf})는 상기 식 (1)로부터 하기 식 (2)와 같이 쉽게 유도해 낼 수 있다.

$$\text{<62> } S_{cf}(\lambda) = \frac{\partial D_{cf}(\lambda)}{\partial \lambda} = \frac{\frac{\partial D_1(\lambda)}{\partial \lambda} l_1 + \frac{\partial D_2(\lambda)}{\partial \lambda} l_2}{l_1 + l_2} = \frac{S_1(\lambda)l_1 + S_2(\lambda)l_2}{l_1 + l_2} \quad \text{-- (2)}$$

<63> 또한, 접속광섬유(42)의 비선형성에 영향을 미치는 유효면적(A_{cf})도 상기 제1 광섬유(43) 및 제2 광섬유(44)의 제1, 제2 유효면적과 양 광섬유(43, 44)의 길이당 손실계수를 통해 하기 식 (3)과 같이 구해낼 수 있다.

$$\text{<64> } A_{cf} = \frac{L_1 L_2 - 1}{\frac{\alpha_3}{\alpha_1} \frac{L_1 - 1}{A_1} + \frac{\alpha_3}{\alpha_2} \frac{L_1 (L_2 - 1)}{A_2}} \quad (3)$$

<65> 상기 식 (3)에서, α_1 , α_2 는 각각 제1 광섬유 및 제2 광섬유의 손실지수(/km)로서 $\alpha_1 = 0.1 \times \alpha_1 \times \log(10)$; $\alpha_2 = 0.1 \times \alpha_2 \times \log(10)$ 이며, $a_{\{1\}}$, $a_{\{2\}}$ 는 각각 제1 광섬유 및 제2 광섬유의 손실계수(dB/km)이다. 또한, $\alpha_3 = \frac{\alpha_1 l_1 + \alpha_2 l_2}{l_1 + l_2}$ (/km)이며, $L_1 = \exp(-\alpha_1 l_1)$; $L_2 = \exp(-\alpha_2 l_2)$ 이다.

<66> 하기 식 (1), (2) 및 (3)을 통해, 상기 접속 광섬유(42)의 분산치, 분산 기울기 및 유효면적을 제1 광섬유(43) 및 제2 광섬유(44)의 각각의 제1, 제2의 분산치, 분산기울기, 유효면적 및 길이를 제어하여, 광전송 시스템에서 요구되는 소정 값으로 조절할 수 있다는 것을 알 수 있다.

<67> 제1 광섬유(43) 또는 제2 광섬유(44)는 분산치를 보상해 주어야 하기 때문에 반드시 서로 반대되는 부호의 분산치를 가져야 한다. 통상, 제1 광섬유(43)가 양의 분산치를 가지며, 제2 광섬유(44)는 음의 분산치를 갖지만, 반드시 그 순서에 한정되는 것은 아니다.

<68> 상술한 바와 같이, 본 발명에서는 서로 다른 부호의 분산치를 갖는 광섬유들을 번갈아서 접속하지만, 4광파혼합현상을 억제하기 위하여 그로부터 제조된 접속광섬유의 평균분산치는 제로로 되지 않는다.

<69> 또한, 상기 제1 및 제2 광섬유(43, 44)의 각각의 분산치는 종래의 NZ-DSF에 비해 비교적 큰 값을 가지며, 양 분산치간의 차이 또한 큰 값을 가져야 할 필요가 있다. 제1 및 제2 광섬유(43, 44)의 분산치는 바람직하게는 10 ps/nm-km 이상의 차이를 갖는다.

<70> 상기 제1 광섬유(43)로서는 종래의 단일모드 광섬유를 사용할 수 있다. 상기 단일모드 광섬유는 양의 분산치와 유효면적이 비교적 크며, 이미 시판되고 있으므로 본 발명에 따른 광케이블의 제조비용을 절감할 수 있다.

<71> 본 발명에서 상술한 바와 같이 상기 제1 및 제2 광섬유(43, 44)의 분산치가 크고 그 차이도 매우 크기 때문에, 상기 두 광섬유(43, 44)를 반드시 접속하여야 한다. 접속과정 없이 굴절을 분포를 이용하여 한 프리폼내에서 상기 제1 및 제2 광섬유와 같이 큰 분산치간 차이를 가질 수 있도록 상기 제1 광섬유와 해당하는 부분과 상기 제2 광섬유에 해당하는 부분을 연속적으로 형성하는 것은 현재 기술로서는 용이하지 않다.

<72> 또한, 한 프리폼내에서 큰 분산치간 차이를 갖는 부분을 제조하려면 상기 제1 광섬유에 해당되는 부분과 상기 제2 광섬유에 해당되는 부분의 연결 부분에는 반드시 천이구간이 존재한다. 상기 천이구간내에서는 그 분산치가 작은 부분이 존재하므로 4광파혼합 성분이 예상보다 크게 발생하여 광전송 시스템의 성능을 더욱 저하시킬 수 있다.

<73> 결국, 본 발명에 따른 광케이블과 같이 제1 광섬유에 해당되는 부분과 제2 광섬유에 해당되는 부분으로 분산치간 차이가 크며 그 변화가 급격하게 일어나는 광케이블을 하나의 프리폼내에 구현하는 데에는 큰 어려움이 따른다. 그러므로, 본 발명에서와 같이 광섬유를 접속하여 광케이블을 제조하면, 제1 광섬유와 제2 광섬유의 천이 영역이 불필요하여 그로 인한 4광파혼합현상은 발생하지 않게 되며, 그 분산치간 차이도 충분히 크게 할 수 있는 이점이 있다.

<74> 도 5에는 접속광섬유(42)의 구조에 대응하여 광케이블(41) 하부에 길이에 따른 접속광섬유(42)의 누적분산치가 개략적으로 도시되어 있다. 이 누적분산치는 제1 광섬유(43)가 양의 분산치를 갖고, 제2 광섬유(44)가 음의 분산치를 가지며, 양 분산치간 차이가

비교적 큰 경우에 해당된다.

<75> 도 5에 도시된 바와 같이, 제1 광섬유(43)의 길이(l_1)까지 광신호가 진행되는 동안 누

적분산치가 증가하기 시작한다. 상술한 바와 같이, 제1 광섬유(43)의 분산치(D_1)는 큰 값을 가지므로, 누적분산치는 급격하게 증가한다. 제2 광섬유(44)와 접속되는 지점(45)까지 누적분산치는 $D_1 l_1$ 만큼 증가한다. 큰 음의 분산치(D_2)를 갖는 제2 광섬유(44)에 의해 누적분산치가 감소되기 시작하여, $D_1 l_1 + D_2 l_2$ 까지 감소한다.

<76> 상술한 바와 같이, 광케이블(41)내에서 접속광섬유의 누적분산치는 큰 양의 분산치를 갖는 제1 광섬유(43)에 의해 급격하게 증가했다가, 큰 음의 분산치를 갖는 제2 광섬유(44)에 의해 급격하게 감소되어, 적절한 값으로 보상된다. 따라서, 제1 및 제2 광섬유(43, 44)의 각각의 분산치가 클 지라도, 접속광섬유(42)의 평균분산치는 광케이블(41)에서 적정하게 유지된다.

<77> 또한, 이러한 분산특성으로 인해 4광파혼합현상은 충분히 억제될 수 있다. 즉, 상기 광케이블(41)내에서 제1 광섬유(43)의 큰 양의 분산치(D_1)에 의해 l_1 지점에서 매우 큰 누적분산치가 나타난다. 이 누적분산치는 4광파혼합현상을 충분히 억제할 수 있다. 따라서, 접속광섬유(42)는 그 평균분산치가 적절한 값을 갖도록 조절될 수 있을 뿐만 아니라, 그를 구성하는 제1 혹은 제2 광섬유(43, 44)에 의해 광케이블(41)내에서 큰 누적분산치가 일시적으로 나타나도록 하여 4광파혼합과 같은 비선형성을 억제할 수 있도록 하는 것이다.

<78> 상술한 구성으로 인해 하나의 광케이블마다 분산치가 소망하는 값으로 적절히 조절되며, 비선형현상도 광케이블마다 억제될 수 있어, 분산치와 4광파혼합현상의 전체

적인 제어가 매우 용이하게 된다.

<79> 도 5에 도시된 바와 같은 본 발명에 따른 광케이블은 상술한 구조적인 이점으로 인해

후술되는 채널간격이 50 GHz인 파장분할다중화 방식 광전송 시스템에서도 무리없이 동작할 수 있어 전송용량증대를 도모할 수 있다.

<80> 이하, 본 발명에 따른 광케이블을 사용한 광전송 시스템을 구체적으로 설명한다.

<81> 도 6a는 도 5와 같은 광케이블을 사용한 50 GHz 파장분할다중화 방식 광전송 시스템의 일예를 도시하고 있다. 종래의 NZ-DSF를 사용한 경우와 비교를 위해, 도 6a에 도시된

광전송 시스템은 도 2a에 도시된 시스템 사양과 동일한 시스템 사양을 갖는다(표 1 참조

). 따라서, 송신단과 수신단간 총 480 km에 걸쳐 본 발명에 따른 광케이블이 포설되어 있으며, 광증폭기(57)간 거리는 80 km이고, 광섬유의 손실계수는 0.2 dB/km이다.

<82> 도 6a에 도시된 바와 같이, 제1 광섬유(51)는 17 ps/nm-km의 분산치를 가지며, 5 km의 길이를 갖는다. 제2 광섬유(52)는 -11 ps/nm-km의 분산치를 가지며, 역시 5 km의 길이를 갖는다. 따라서, 접속광섬유(53)는 총 10 km의 길이를 가지며, 한 광케이블당 길이도 10 km이다. 광증폭기(57) 사이에 총 8개의 광케이블이 포설되어 있는 셈이다.

<83> 도 6b는 도 6a에 도시된 본 발명에 따른 광전송 시스템의 길이에 따른 누적분산치를

나타낸다. 먼저, 5 km에서 제1 광섬유(51)에 의해 85 ps/nm의 누적분산치(58)가 나타난다. 이러한 누적분산치(58)에 의해 4광파혼합현상이 억제되게 된다. 상기 85 ps/nm의 누적분산치(58)는 5 km를 넘어서면서 음의 분산치 -11 ps/nm-km를 갖는 제2 광섬유(52)에 의해 서서히 감소되기 시작한다. 따라서, 10 km 지점에서는 30 ps/nm 까지 감소되며

, 최초 광케이블에서 접속광섬유(53)는 3 ps/nm-km의 평균분산치를 갖게 된다.

~~<84> 도 6b에 도시된 바와 같이, 80 km 구간에 포설된 8개의 광케이블마다 큰 분산치가 반복~~

적으로 발생하고, 이러한 큰 분산치에 의해 4광파혼합현상은 현저하게 억제된다. 또한, 큰 분산치는 바로 음의 분산치를 갖는 제2 광섬유에 의해 보상되기 때문에, 광케이블마다의 평균 분산치는 도 2b에 도시된 바와 같이 3 ps/nm-km의 평균분산치를 갖는 종래의 NZ-DSF와 같다.

~~<85> 종래기술에서 한 종류의 광섬유만을 포설하는 경우 전송용량이 증대될 수 있는 50 GHz 정도의 채널간격을 갖는 광전송 시스템에서 상기 광섬유는 6 ps/nm-km 이상의 평균분산치를 가져야 하는 것은 상술한 바와 같다. 그러나, 도 6a에 도시된 본 발명에 따른 광케이블은 분산치가 큰 두 종류의 광섬유를 접속하여 제작된 접속광섬유를 사용함으로써, 3 ps/nm-km의 평균 분산치를 가져도 무방하다.~~

<86> 본 발명에 따른 광케이블을 사용한 파장분할다중화 방식 광전송 시스템의 동작 특성은 도 7a 및 7b에 도시되어 있다.

<87> 도 7a는 도 6a의 광전송 시스템의 아이 다이어그램을 나타낸 것이다. 도 7a로부터 알 수 있듯이, 아이가 선명하고 크게 오픈되어 있으며, 4광파혼합현상에 의하여 신호가 열화되지 않았음을 알 수 있다. 반면에, NZ-DSF를 사용한 도 3a의 아이 다이어그램은 본 발명의 광케이블을 사용한 도 7a의 아이 다이어그램에 비해 아이가 선명하지 않고 신호가 많이 열화되어 있음을 알 수 있다.

<88> 도 7b는 도 6a의 광전송 시스템에서 신호의 광스펙트럼을 나타내는 그래프이다. 화살표(60)로 표시된 부분이 4광파혼합현상에 의해 발생된 신호들인데, 도 3b에 도시된

NZ-DSF를 사용한 경우의 광스펙트럼과 비교할 때 뚜렷하게 억제되어 있는 것을 알 수 있다.

- <89> 도 8은 도 6a에 도시된 광전송 시스템에서 제1 광섬유(51)의 분산치를 +17 ps/nm-km로 설정하고, 제1 및 제2 광섬유(51, 52)의 길이의 비와 제2 광섬유(52)의 음의 분산치에 따라 평균 분산치를 제어하는 것을 도시하고 있다.
- <90> 도 8에서 알 수 있는 바와 같이, 제1 및 제2 광섬유(51, 52)의 길이를 동일하게 하였을 때, 상기 접속광섬유(53)가 1.5에서 4 ps/nm-km 범위의 평균 분산치를 갖도록 하기 위해서, 상기 제2 광섬유(52)의 음의 분산치를 -14에서 -9 ps/nm-km의 범위내에서 결정하면 된다. 도 8로부터, 상기 제1 및 제2 광섬유(51, 52)의 길이나 그 분산치, 즉, 양 및 음의 분산치를 조절하여, 용이하게 접속광섬유(53)의 평균 분산치를 제어할 수 있음을 알 수 있다.
- <91> 한편, 도 6a에서 도시된 광전송 시스템에서 제1 광섬유(51) 및 제2 광섬유(52)의 유효면적을 각각 $55 \mu\text{m}^2$ 로 하고 광전송 시스템의 동작 특성을 보면 동일한 유효면적을 갖는 NZ-DSF를 사용한 경우에 비해 4광파혼합현상이 현저하게 억제된다.
- <92> 도 9a 및 9b는 제1 및 제2 광섬유(51, 52)가 각각 $55 \mu\text{m}^2$ 의 유효면적을 가지며 그로 인해 접속광섬유(53)의 유효면적도 대략 $55 \mu\text{m}^2$ 정도를 갖는 경우의 아이 다이어그램과 광스펙트럼을 각각 나타낸다. 이후에 설명될 제1 광섬유의 유효면적을 $80 \mu\text{m}^2$ 로 한 경우 보다는 4광파혼합현상이 조금 더 나타나지만, 종래의 NZ-DSF를 사용한 경우와 대비할 때(도 3b의 화살표(35) 참조)는 화살표(80)로 표시된 바와 같이 4광파혼합현상이 현저하게 억제되는 것을 도 9b로부터 확인할 수 있다. 이는 동일한 유효면적을 가질 지라도,

본 발명에서는 상술한 바와 같은 큰 누적분산치에 의해 4광파혼합현상이 포설된 광케이블마다 계속적으로 억제되기 때문이다.

<93> 이제, 도 6a에 도시된 광전송 시스템에서 접속광섬유를 구성하는 각각의 광섬유의 유효면적을 제어하여 4광파혼합현상을 억제하는 것을 설명한다.

<94> 제1 광섬유(51)의 유효면적을 $80 \mu\text{m}^2$ 으로, 제2 광섬유(52)의 유효면적은 $55 \mu\text{m}^2$ 로 하면, 상기 식 (3)에 의해 접속광섬유(53)는 $66 \mu\text{m}^2$ 정도의 유효면적을 갖는다. 종래의 NZ-DSF가 $55 \mu\text{m}^2$ 의 유효면적을 갖는 것을 감안하면, 본 발명에서 접속광섬유(53)는 증가된 유효면적을 갖는 것을 알수 있다. 증가된 유효면적은 광섬유의 비선형성을 더욱 억제하므로, 본 발명에 따른 광케이블은 4광파혼합현상이 더욱 억제되어 보다 향상된 특성을 나타내게 된다.

<95> 도 7a 및 7b를 다시 참조하면, 유효면적이 $66 \mu\text{m}^2$ 로 증가된 본 발명에 따른 광케이블을 사용한 광전송 시스템의 동작특성이 도시되어 있다. 도 7b에 도시된 광스펙트럼에서 화살표(60)로 표시된 부분의 4광파혼합현상에 따른 광스펙트럼이 NZ-DSF에 관한 도 3b에 나타난 광스펙트럼과 대비할 때 현저히 억제되어 있는 것을 확인할 수 있다.

<96> 도 10은 제1 유효면적을 $80 \mu\text{m}^2$ 로 제2 유효면적을 $55 \mu\text{m}^2$ 로 설정하고 제1 광섬유와 제2 광섬유의 손실계수를 0.2 dB/km 로 설정한 경우, 제1 및 제2 광섬유(51, 52)의 길이의 비에 따라 유효면적을 제어하는 것을 나타내는 그래프이다. 도 6a에 도시된 바와 같이, 제1 및 제2 광섬유(51, 52)의 길이가 각각 5 km로 그 비가 1인 경우에는 광케이블 길이에 따라 유효면적이 점점 증가되는 것을 알 수 있으며, 광케이블 길이가 10 km 경우에는 대략 $66 \mu\text{m}^2$ 정도를 갖는다. 같은 광케이블 길이에서 제1 광섬유 대 제2 광섬유의 길

이의 비를 0.5로 조정하면, 유효면적이 $71 \mu\text{m}^2$ 정도로 크게 증가하는 것을 알 수 있다.

~~도 10으로부터 제1 광섬유 및 제2 광섬유(51, 52)의 길이 또는 유효면적을 조정하여, 접~~

속광섬유(53)의 유효면적을 용이하게 제어할 수 있는 것을 확인할 수 있다.

<97> 마지막으로, 상기 제1 및 제2 광섬유(51, 52)의 길이에 따른 4광파혼합현상의 제어에 관해 상술한다.

<98> 도 11은 제1 및 제2 광섬유의 각각의 길이를 섹션길이라 할 때, 섹션길이와 신호대 4광파혼합 전력비와의 관계를 도시한 것이다. 도 11에서는 설명의 편의상 제1 및 제2 광섬유의 길이를 동일하게 하였으나, 서로 다르게 하여도 무방하다. 도 11에서 (1)은 본 발명에 따른 광케이블의 경우를 나타내며, (2)는 종래의 NZ-DSF의 경우를 나타낸다.

<99> 본 발명의 발명자들은 도 6a에서와 같이 제1 광섬유(51)가 17 ps/nm-km 이고, 제2 광섬유(52)가 -11 ps/nm-km 일 때 제1 광섬유(51)에서 생성된 4광파혼합 성분들이 각각 3, 6, 9 km 단위로 상쇄간섭을 일으키며, 1.5, 4.5, 7.5 km 단위로 보강간섭을 일으키고, 제2 광섬유(52)에서 생성된 4광파혼합 성분들은 각각 4.5, 9, 13.5 km 단위로 상쇄간섭을 일으키며, 6.75, 11.25 km 단위로 보강간섭을 일으킨다는 것을 알게 되었다. 이러한 경우, 제1 광섬유(51)와 제2 광섬유(52)에서 발생하는 4광파혼합 성분은 약 7 km에서 보강간섭을 일으키는 반면, 3 내지 6 km까지는 상쇄간섭과 보강간섭이 일정량 존재하게 되어 비교적 작은 4광파혼합성분만 남게된다. 도 11은 본 발명에 따른 광케이블이 사용된 광전송 시스템이 상기 광케이블이 3 내지 6 km 범위의 섹션 길이를 가질 때 높은 신호 대 4광파혼합 전력비를 을 갖는 것을 나타낸다.

<100> 또한, 도 11을 참조하면, 본 발명에 따른 광전송 시스템에서 섹션 길이가 7

km를 넘어서면서 신호 대 4광파혼합 전력비가 섹션 길이가 3 내지 6 km일 때 보다 증가하게 된다. 그러나, 그러한 경우일지라도 종래의 NZ-DSF 보다는 현저하게 4광파혼합 현상이 억제되는 것을 도 11로부터 확인할 수 있다.

<101> 또한, 도 11을 참조하면, 본 발명에 따른 광전송 시스템에서 섹션길이가 10 km를 넘어서면서 신호대 4광파혼합 전력비가 다시 개선됨을 알 수 있다. 이러한 신호대 4광파혼합 전력비 개선방안이 1995년 발표된 광파 테크놀로지 저널(Journal of Lightwave Technology) 제13권에 게재된 카치(Tkach) 등의 논문에 기재되어 있다. 상기 논문에서는 8.4 km의 단일모드 광섬유와 48 km의 분산천이 광섬유를 혼합하여 사용함으로써 4광파혼합현상이 억제될 수 있다는 것을 지적하였다. 상기 논문에서는 섹션길이가 짧은 경우 위상 정합 조건(phase matching condition)이 만족되어 4광파혼합현상이 크게 발생할 수 있다고 지적하여, 짧은 섹션길이를 갖는 경우의 적용을 실질적으로 배제하고 있다.

<102> 그러나, 상기 논문에 기재된 바와 같이 섹션길이를 지나치게 증가시키면 광케이블로 제작하기 어려울 뿐 아니라 포설시 광케이블의 취급이 용이하지 않으므로, 현실적으로 15 km 이상의 길이를 갖는 광케이블을 제작하는 경우는 드물다. 통상, 섹션길이는 7 km 정도 이하로 설정된다.

<103> 따라서, 본 발명의 발명자들은 광케이블의 제작과 포설이라는 현실적인 문제를 고려하여, 광케이블의 길이가 10 km 이하인 경우에도 도 11에 도시된 바와 같이 섹션길이와 제1 및 제2 광섬유의 분산치를 제어함으로써 4광파혼합현상을 현저하게 억제할 수 있음을 발견하였다.

<104> 이상과 같이, 본 발명에 따른 광전송 시스템에서 상기 제1 및 제2 광섬유의 길이에 따

라서 4파장혼합현상을 제어할 수 있다는 것을 도 11로부터 확인할 수 있다. 도 11에 의하면, 본 발명에 따른 광전송 시스템에 사용될 광케이블의 적절한 길이는 2종류의 광파이버를 접속하여 접속광섬유를 제조할 경우 대략 6 내지 12 km 가 된다. 그러나, 광케이블간의 접속방법을 통해 각 광케이블의 길이를 3 내지 6 km로 감소시킬 수 있는데, 이에 관해서는 후술한다.

<105> 표 2는 도 5와 같은 구성을 갖는 본 발명에 따른 광케이블이 도 6a에서 설정된 시스템 사양을 갖는 광전송 시스템에서 사용될 때, 현실적으로 고려될 수 있는 최적의 분산치, 분산 기울기 및 유효면적을 나타낸 것이다.

<106>

< 표 2 >

<107>

	제1 광섬유	제2 광섬유
분산	17 ps/nm-km	-11 ps/nm-km
분산 기울기	0.08 ps/nm ² -km	-0.08 ps/nm ² -km
유효면적	80 μ m ²	55 μ m ²
섹션 길이	3 내지 6 km	3 내지 6km

<108> 상기 표 2에서 제2 광섬유의 분산치, 분산 기울기 및 유효면적은 종래의 광섬유 중 양의 분산치가 비교적 크고 큰 유효면적을 갖는 단일모드광섬유를 제1 광섬유로서 사용하는 것을 전제로 도출된 것이다. 제1 광섬유로서 단일모드광섬유를 사용하게 되면 본 발명에서 요구되는 분산특성과 유효면적을 용이하게 제공할 수 있고, 본 발명에 따른 광케이블의 제조비용을 절감할 수 있으며, 제조공정 또한 용이하게 할 수 있는 이점이 있다.

<109> 제2 광섬유의 상술한 값들은 상기 제2 광섬유를 실제로 제작하고자 할 때 발생할 수 있는 문제점을 충분히 고려하여 현실적으로 상기 제2 광섬유가 제공할 수 있는 값으로 선정된 것이다.

<110> 또한, 상기 제1 및 제2 광섬유의 길이를 상기 범위내에서 조절하는 경우 4광파혼합 자체의 상쇄간섭을 이용하는 것이 가능하게 되어, 4광파혼합현상을 보다 더 억제할 수 있게 된다.

<111> 본 발명의 발명자들은 표 2에서 나타난 값을 갖는 제1 광섬유와 제2 광섬유를 접속하여 접속광섬유를 제작하고, 상기 접속광섬유를 포함하는 광케이블을 50 GHz 채널간격을 갖는 파장분할다중화 방식 광전송 시스템에 포설하였을 때 신호가 4광파혼합으로 인한 영향이 현저하게 억제된 상태로 전송되는 것을 확인할 수 있었다.

~~<112> 표 2에 나타난 값은 어디까지나 본 발명의 한 예를 나타낸 것으로, 본 발명에 사용되는 제1 광섬유 및 제2 광섬유의 값들이 상기 표 2에 의거 한정되는 것은 아니다. 본 발명에 따른 광케이블이 사용될 광전송 시스템의 사양의 변화에 따라 상술한 값들이 변화할 수 있는 것은 당업자라면 용이하게 이해할 수 있을 것이다.~~

<113> 이상과 같이, 서로 다른 종류의 제1 광섬유 및 제2 광섬유를 한 광케이블내에서 접속하여 형성된 접속광섬유를 포함하는 본 발명의 광케이블은 상기 접속광섬유를 구성하는 제1 및 제2 광섬유의 분산치, 길이 및 유효면적을 각각 조정하여, 상기 접속광섬유의 분산치, 분산기울기 및 유효면적을 50 GHz의 채널간격을 갖는 파장분할다중화 방식 광전송 시스템도 수용할 수 있는 값으로 제어할 수 있다. 따라서, 본 발명에 따른 광케이블 및 광전송 시스템은 광섬유당 전송용량을 극대화시킬 수 있는 효과를 갖는다.

<114> 상술한 본 발명의 광케이블은 하나의 제1 광섬유 및 제2 광섬유를 접속하여 구성되므로, 2 섹션타입 광케이블이라 부를 수 있다. 이하에서는, 3개의 광섬유를 접속하여 형성된 접속광섬유를 포함하는 3 섹션타입 광케이블과 그를 사용한 광전송 시스템에 대해 상술한다.

<115> 도 12는 3 섹션타입 광케이블을 개략적으로 도시한 개념도이다. 3 섹션타입 광케이블은 제1 광섬유(113)와 동일한 분산치, 분산기울기 및 유효면적을 가지며, 길이에서만 상이한 제3 광섬유(115)가 더 부가된 것을 제외하고는 도 5에 도시된 2 섹션타입 광케이블과 거의 동일하다. 따라서, 제1 및 제2 광섬유(113, 114)의 분산치, 분산기울기, 길이, 유효면적 등을 2 섹션타입과 동일하게 표현한다. 제3 광섬유(115)의 분산치, 분산기울기, 길이 및 유효면적은 각각 D_1 , S_1 , l_3 , A_1 로 표현가능하다.

<116> 2 섹션타입 광케이블에서와 같이, 3 섹션타입 광케이블의 경우에도 접속광섬유(112)를 구성하는 광섬유의 분산치는 서로 반대되는 부호를 가져야 하며, 그 분산치는 상대적으로 커야 한다. 또한, 그 분산치간 차이도 적어도 10 ps/nm-km 이상의 값을 가져야 할 필요가 있다.

<117> 3 섹션타입 광케이블에서 접속광섬유(112)의 평균분산치, 분산기울기 및 유효면적은 하기 식 (4), (5) 및 (6)에 의해 각각 결정된다.

$$\text{<118> } D_{cf}(\lambda) = \frac{D_1(\lambda)l_1 + D_2(\lambda)l_2 + D_1(\lambda)l_3}{l_1 + l_2 + l_3} \quad \text{----- (4)}$$

$$\text{<119> } S_{cf}(\lambda) = \frac{\partial D_{cf}(\lambda)}{\partial \lambda} = \frac{\frac{\partial D_1(\lambda)}{\partial \lambda} l_1 + \frac{\partial D_2(\lambda)}{\partial \lambda} l_2 + \frac{\partial D_1(\lambda)}{\partial \lambda} l_3}{l_1 + l_2 + l_3} = \frac{S_1(\lambda)l_1 + S_2(\lambda)l_2 + S_1(\lambda)l_3}{l_1 + l_2 + l_3}$$

--- (5)

$$\text{<120> } A_{cf} = \frac{\frac{L_1 L_2 L_3 - 1}{\alpha_1} \frac{(L_1 - L_1 L_2 + L_1 L_2 L_3 - 1)}{A_1} + \frac{\alpha_3}{\alpha_2} \frac{L_1 (L_2 - 1)}{A_2}}{\quad} \quad \text{---- (6)}$$

<121> 식 (6)에서, α_1 및 α_2 는 각각 제1 광섬유, 제2 광섬유의 손실지수(/km)로서

$\alpha_1 = 0.1 \times \alpha_1 \times \log(10)$; $\alpha_2 = 0.1 \times \alpha_2 \times \log(10)$ 이며, $a_{\{1\}}$, $a_{\{2\}}$ 는 제1 광섬유 및

제2 광섬유의 손실계수(dB/km)이다. 또한, $\alpha_3 = \frac{\alpha_1 l_1 + \alpha_2 l_2 + \alpha_1 l_3}{l_1 + l_2 + l_3}$ (/km)이며, $L_1 =$

$\exp(-\alpha_1 l_1)$; $L_2 = \exp(-\alpha_2 l_2)$; $L_3 = \exp(-\alpha_1 l_3)$ 이다.

<122> 이상의 식 (4), (5) 및 (6)에서 알 수 있는 바와 같이, 접속 광섬유(112)의

평균분산치, 분산기울기 및 유효면적이 제1, 제2 및 제3 광섬유(113, 114, 115)의 각각의 분산특성, 길이 및 유효면적에 의해 제어된다.

<123> 상기 식 (4)에 따라 결정되는 접속 광섬유(112)의 평균분산치는 항상 제로가 아닌 소정의 값을 갖도록 설계된다.

<124> 도 12에는 광케이블(110)의 구조에 대응하여 길이에 따른 누적분산치의 변화가 도시되어 있다. 도 12에 도시된 광케이블(110)은 설명의 편의상 제1 광섬유(113)는 양의 분산치, 제2 광섬유(114)는 음의 분산치 및 제3 광섬유(115)는 양의 분산치를 갖는 것으로 설정한 것이나, 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니다.

<125> 도 12에 도시된 바와 같이, 큰 양의 분산치를 갖는 제1 광섬유(113)에 의해 접속광섬유(112)의 누적분산치가 증가하기 시작한다. 제1 광섬유(113)의 길이인 l_1 지점까지 $D_1 l_1$ 만큼 증가한다. 이러한 큰 누적분산치에 의해 광케이블(110)의 4광파혼합현상은 억제하는 데에 매우 효율적이다. 이어서, 큰 분산치를 갖는 제2 광섬유(114)에 의해 상기 누적분산치 $D_1 l_1$ 이 보상되기 시작한다. 제2 광섬유(114)가 끝나는 지점인 $l_1 + l_2$ 에서는 누적분산치는 음의 값을 갖게 된다. 이후, 큰 양의 분산치를 갖는 제3 광섬유(115)에 의해 다시 누적분산치가 양의 값으로 증가하게 된다.

<126> 이상과 같이, 본 발명에 따른 광케이블(110)내에서는 접속광섬유(112)의 평균 분산치는

작은 값으로 유지되면서, 광케이블 내에서 광신호가 진행하는 도중에 발생하는 큰 양의 누적분산치로 인해 4광파혼합현상이 크게 억제될 수 있다. 따라서, 본 발명에 따른 3

섹션타입 광케이블(110)은 접속광섬유의 분산치와 비선형성을 모두 제어하는 것이 가능하게 된다.

<127> 도 13a는 도 12에 도시된 구조를 갖는 3 섹션타입 광케이블을 사용한 파장분할다중화 방식 광전송 시스템의 일예를 개략적으로 도시하고 있다. 시스템 사양은 표 1에 나타난 것과 동일하므로, NZ-DSF를 사용한 경우 및 2 섹션타입 광케이블을 사용한 경우와 용이하게 대비할 수 있다.

<128> 제1 광섬유(122)는 $+17 \text{ ps/nm-km}$ 의 분산치를 가지며, 2.5 km 의 길이와 $80 \mu\text{m}^2$ 의 유효면적을 갖는다. 제2 광섬유(123)는 -11 ps/nm-km 의 분산치를 가지며, 5km 의 길이와 $55 \mu\text{m}^2$ 의 유효면적을 갖는다. 제3 광섬유(124)는 $+17 \text{ ps/nm-km}$ 의 분산치를 가지며, 길이는 역시 2.5 km 이다. 도 13a에서는 설명의 편의상 제3 광섬유(124)의 분산치와 길이를 제1 광섬유(122)와 같은 것으로 설정했지만, 이를 다르게 설정해도 무방하다.

<129> 도 13b는 3 섹션타입 광케이블의 분산치를 나타내는 그래프이다. 평균분산치는 각 광케이블마다 3 ps/nm-km 로 유지되며, 2 섹션타입 광케이블에서와 같이 반복적으로 나타나는 큰 누적분산치(125)에 의해 4광파혼합현상이 각 광케이블마다 충분히 억제될 수 있다.

<130> 도 13a의 광전송 시스템의 동작 특성이 도 14a 및 14b의 아이 다이어그램과 신호의 광스펙트럼으로 나타나 있다. 50 GHz 의 광전송 시스템에서도 4광파혼합현상이 충분히 억제되어 있고 아이가 선명하게 오픈되어 있는 것을 확인할 수 있다. 종래의 NZ-DSF를 사

용한 50 GHz 광전송 시스템과 대비하여 보면, 시스템의 성능이 현저하게 향상된다.

~~<131> 상술한 바와 같이, 2 섹션타입 광케이블이든 3섹션타입 광케이블이든 본 발명에 따른~~

광케이블을 사용하여 파장분할다중화 방식 광전송시스템을 구현하는 경우, 종래의 NZ-DSF에 비해 현저하게 향상된 시스템 동작특성을 가질 수 있게 된다.

<132> 다만, 상기 2 섹션 타입 광케이블은 하나의 접속지점만을 갖는데 반해, 3 섹션타입 광케이블은 2개의 접속지점을 갖는다는 점에 차이가 있으며, 접속손실만을 고려한다면 2 섹션타입 광케이블이 더 유리할 수 있다.

~~<133> 2 섹션타입과 3 섹션타입 광케이블은 광케이블간을 접속할 때 상기 광케이블내에 포함~~

된 접속광섬유를 구성하는 광섬유의 배치가 다른 점으로 인하여 차이가 발생할 수 있다.

<134> 도 15a 및 15b를 참조하면, 2 섹션타입 광케이블간을 접속하는 경우를 도시하고 있다.

도 15a는 2 섹션타입 광케이블 접속시 서로 다른 종류의 광섬유가 접속되도록 배치한 것으로, 제1 광섬유(131), 제2 광섬유(132) 순으로 배치된 광케이블(130)과 동일한 순으로 배치된 인접 광케이블(130')을 서로 접속하게 된다. 도 15b는 광케이블간을 접속할 때 같은 종류의 광섬유가 접속되도록 배치한 것으로, 제1 광섬유(131), 제2 광섬유(132) 순으로 배치된 광케이블(130)과 제2 광섬유(132), 제1 광섬유(131) 순으로 배치된 인접 광케이블(130'')을 서로 접속하는 경우이다. 이러한 경우, 제2 광섬유의 길이는 접속된 광케이블 전체로 볼 때, 2배로 늘어날 수 있게 된다.

<135> 상술한 바와 같이 2배로 늘어난 제2 광섬유의 길이는 광케이블 길이를 짧게 제조할 수 있도록 한다. 표 2에 나타난 바와 같이 제1 및 제2 광섬유의 길이를 각각 3 km로 하면,

광케이블의 길이는 6 km 이어야 한다. 그러나, 도 15b에 도시된 바와 같이 제2 광섬유(132)가 서로 접속되도록 하면 광케이블(130)에서 제2 광섬유(132)를 1.5 km로 하고, 그 인접 광케이블(130'')에서 제2 광섬유(132)를 1.5 km로 하여 광케이블을 전부 포설한 전체로 보았을 때 제2 광섬유(132) 길이를 3 km로 할 수 있게 된다. 따라서, 각 광케이블을 3 km로 제작하는 것이 가능하게 된다. 또한, 동일한 종류의 제2 광섬유간을 접속하면, 광케이블간을 접속할 때 매우 용이하게 되는 이점이 있다.

<136> 한편, 3 섹션타입 광케이블의 경우에는 서로 동일한 종류의 광섬유만을 접속하여 광케이블간을 접속시킬 수 있다. 도 15c를 참조하면, 한 광케이블(136)의 제3 광섬유(135) 또는 제1 광섬유(133)를 인접 광케이블(136')의 제3 광섬유(135) 또는 제1 광섬유(133)와 접속하여, 동종류의 광섬유를 접속하여 광케이블들이 접속되도록 할 수 있다. 이러한 동종류의 광섬유간 접속은 상술한 바와 같이 실제 포설작업시 광케이블접속을 매우 용이하게 하는 장점이 있다.

<137> 따라서, 본 발명에 있어서 한 광케이블 내에 접속광섬유의 분산특성 등의 제어를 위하여 광섬유들을 배치하는 것과 광케이블과 광케이블간에 접속작업의 용이성과 광케이블길이의 단축 등을 위해 광섬유를 배치하는 것을 적절하게 고려한다면, 본 발명의 구조로 인한 이점을 최대한 살릴 수 있게 되는 것이다.

【발명의 효과】

<138> 이상에서와 같이, 본 발명에 따른 광케이블은 서로 다른 종류이며 서로 다른 특성을 갖는 광섬유를 한 광케이블 내에서 접속하여 접속광섬유를 형성하고, 상기 광섬유들의 분산치, 길이, 유효면적 및 분산기울기를 조정하여 결과적으로 상기 접속광섬유의 분산치, 유효면적 및 분산기울기를 광전송 시스템에서 요구되는 소정값으로 제어한다.

<139> 본 발명에 따른 광케이블에서는 접속광섬유를 구성하는 광섬유 각각의 분산치의 부호는 서로 반대로 하며, 분산치간 차이도 크게 하여, 광케이블을 통해 광신호가 전송되는 과정에서 큰 누적분산치에 의해 4광파혼합현상이 충분히 억제되도록 한다. 또한, 큰 누적분산치는 이어 접속된 음의 분산치를 갖는 광섬유에 의해 바로 보상됨으로써, 한 광케이블마다의 평균 분산치는 비교적 작은 값으로 조정될 수 있다.

<140> 본 발명에 따른 광케이블을 사용하는 파장분할다중화 방식 광전송 시스템에서는 전송용량의 증대를 위해 50 GHz 정도로 채널간격이 감소된 경우에도 향상된 분산특성 및 억제된 비선형성을 제공할 수 있다. 종래의 NZ-DSF를 사용한 50 GHz의 채널간격을 갖는 광전송 시스템에서는 분산치 및 4광파혼합현상에서 기인한 신호왜곡으로 인해 신호가 제대로 전송되지 않는다. 따라서, 본 발명에 따르면, 전송용량증대를 달성할 수 있는 광전송 시스템을 제공한다.

<141> 본 발명은 접속광섬유를 구성하는 각각의 광섬유의 배치를 통해 광케이블과 광케이블간의 접속시에도 동종류의 광섬유만을 접속할 수 있도록 하여, 포설작업을 극히 용이하게 할 수 있다. 또한, 광케이블을 전체적으로 포설하였을 경우, 동종류의 광섬유로 구성된 길이를 조정할 수 있어, 광섬유의 비선형성을 한층 억제할 수 있다. 본 발명의 광케이블은 50 GHz의 채널간격을 갖는 파장분할다중화 방식 광전송 시스템에서 요구되는 최적화된 분산특성 및 유효면적을 갖도록 용이하게 설계될 수 있다. 본 발명의 광케이블은 광케이블당 설계를 할 수 있으므로, 전체적으로 광케이블을 설계해야 하는 경우보다 설계가 용이하고 정확도가 향상된다.

<142> 이상에서 본 발명은 2 섹션타입 및 3 섹션타입 광케이블의 경우에 한정해서 설명하였지만, 이는 어디까지나 설명의 편의를 위한 것이며, 본 발명의 구성이 이에 한정되는

것은 아니다. 또한, 구체적으로 특정된 시스템 사양, 광섬유의 분산특성 및 유효면적도 설명의 편의를 위한 것이므로, 본 발명을 이에 의해 한정해서는 안된다.

<143> 본 발명에 사용되는 광섬유는 종래의 것을 사용해도 무방하지만, 이에 한정되지 않으며, 본 발명의 목적과 용도에 적합한 새로운 광섬유를 제작하는 것을 배제하는 것은 아니다.

<144> 본 발명의 범위에서 벗어나지 않고 다양한 변형이 가능하다는 것은 당업자에게 명백할 것이다. 따라서, 본 발명은 이상의 상세한 설명에 한정되지 않으며, 이하의 특허 청구의 범위에 의거 넓게 해석되어야 한다.

【특허청구범위】**【청구항 1】**

복수개의 접속광섬유를 포함하는 파장분할다중화 시스템용 광케이블로서,
상기 복수개의 접속광섬유 각각은 소정 동작파장에서 서로 다른 분산치와 서로 다른
분산 기울기, 서로 다른 길이 및 서로 다른 유효면적을 갖는 복수개의 광섬유를 상기 광
케이블내에서 임의의 순서로 접속하여 형성되는 광케이블.

【청구항 2】

제1항에 있어서, 상기 접속광섬유는 각각의 평균분산치가 상기 파장분할다중화 시스템
에서 요구되는 소정 선택값이 되도록 상기 복수개의 광섬유의 서로 다른 분산치 및 길이
를 제어하는 광케이블.

【청구항 3】

제1항에 있어서, 상기 접속광섬유는 각각의 평균 분산기울기가 상기 파장분할다중화 시
스템에서 요구되는 소정 선택값이 되도록 상기 복수개의 광섬유의 서로 다른 분산치, 분
산기울기 및 길이를 제어하는 광케이블.

【청구항 4】

제1항에 있어서, 상기 접속광섬유는 각각의 평균 유효면적이 상기 파장분할다중화 시스
템에서 요구되는 소정 선택값이 되도록 상기 복수개의 광섬유의 서로 다른 유효면적 및
길이를 제어하는 광케이블.

【청구항 5】

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 서로 다른 분산치의 적어도 일부는 +2 ps/nm-km 이상이고, 적어도 다른 일부는 -2 ps/nm-km 이하인 광케이블.

【청구항 6】

제5항에 있어서, 상기 접속광섬유는 서로 반대되는 부호의 분산치를 갖는 광섬유를 번갈아서 접속하며, 상기 광섬유의 각각의 분산치간 차이가 적어도 10 ps/nm-km 이상인 광케이블.

【청구항 7】

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 접속광섬유의 길이는 0.5 km 내지 20km인 광케이블.

【청구항 8】

복수개의 접속광섬유를 포함하는 파장분할다중화 시스템용 광케이블로서,
상기 복수개의 접속광섬유 각각은
소정 동작파장에서의 제1 분산치와 제1 분산기울기, 제1 길이 및 제1 유효면적을
갖는 제1 광섬유; 및

~~소정 동작파장에서의 제2 분산치와 제2 분산기울기, 제2 길이 및 제2 유효면적을~~
갖는 제2 광섬유;를 포함하며,

상기 접속광섬유는 상기 제1 광섬유와 상기 제2 광섬유를 임의의 순서로 접속하여
형성되는 광케이블.

【청구항 9】

제8항에 있어서, 상기 접속광섬유의 평균 분산치가 상기 광케이블내에서 상기 파장분할다중화시스템에서 요구하는 소정 선택값이 되도록 상기 제1 광섬유의 제1 분산치와 제1 길이 및 제2 광섬유의 제2 분산치와 제2 길이를 제어하는 광케이블.

【청구항 10】

제8항에 있어서, 상기 접속광섬유의 분산 기울기가 상기 광케이블내에서 상기 파장분할다중화 시스템에서 요구되는 소정 선택값이 되도록 상기 제1 광섬유의 상기 제1 분산치, 제1 분산 기울기와 제1 길이 및 제2 광섬유의 상기 제2 분산치, 제2 분산 기울기와 제2 길이를 제어하는 광케이블.

【청구항 11】

제8항에 있어서, 상기 접속광섬유의 유효면적이 상기 광케이블내에서 상기 파장분할다중화 시스템에서 요구되는 소정 선택값이 되도록 상기 제1 광섬유의 제1 길이 및 제1 유효면적과 제2 광섬유의 제2 길이 및 제2 유효면적을 제어하는 광케이블.

【청구항 12】

제9항에 있어서, 상기 제1 광섬유의 제1 분산치와, 상기 제2 광섬유의 제2 분산치 및 상기 접속광섬유의 평균 분산치는 상기 동작파장(λ)의 함수이며,

상기 접속광섬유의 분산치는 하기 식 (1)에 따라 결정되는 광케이블;

$$Dcf(\lambda) = \frac{D_1(\lambda)l_1 + D_2(\lambda)l_2}{l_1 + l_2} \quad \text{----- (1)}$$

상기 식 (1)에서 Dcf는 상기 접속 광섬유의 평균 분산치(ps/nm-km);

D_1 은 상기 제1 광섬유의 제1 분산치(ps/nm-km);

D_2 는 상기 제2 광섬유의 제2 분산치(ps/nm-km);

l_1 은 상기 제1 광섬유의 제1 길이(km);

l_2 는 상기 제2 광섬유의 제2 길이(km).

【청구항 13】

제10항에 있어서, 상기 제1 광섬유의 제1 분산치 및 제1 분산 기울기, 상기 제2 광섬유의 제2 분산치 및 제2 분산 기울기, 그리고 상기 접속 광섬유의 분산치 및 상기 분산 기울기는 상기 동작파장(λ)의 함수이며,

상기 접속광섬유의 분산 기울기는 하기 식 (2)에 따라 결정되는 광케이블;

$$Scf(\lambda) = \frac{\partial Dcf(\lambda)}{\partial \lambda} = \frac{\frac{\partial D_1(\lambda)}{\partial \lambda} l_1 + \frac{\partial D_2(\lambda)}{\partial \lambda} l_2}{l_1 + l_2} = \frac{S_1(\lambda) l_1 + S_2(\lambda) l_2}{l_1 + l_2} \quad -(2)$$

상기 식 (2)에서 Scf는 상기 접속광섬유의 분산 기울기(ps/nm²-km)

Dcf는 상기 접속 광섬유의 평균 분산치(ps/nm-km);

D_1 은 상기 제1 광섬유의 제1 분산치(ps/nm-km);

D_2 는 상기 제2 광섬유의 제2 분산치(ps/nm-km);

S_1, S_2 는 각각 제1 및 제2 광섬유의 제1 및 제2 분산기울기(ps/nm²-km);

l_1 은 상기 제1 광섬유의 제1 길이(km);

l_2 는 상기 제2 광섬유의 제2 길이(km).

【청구항 14】

제11항에 있어서, 상기 접속광섬유의 유효면적은 하기 식 (3)에 의해 결정되는 광케이블;

블;

$$A_{cf} = \frac{L_1 L_2 - 1}{\frac{\alpha_3}{\alpha_1} \frac{L_1 - 1}{A_1} + \frac{\alpha_3}{\alpha_2} \frac{L_1 (L_2 - 1)}{A_2}} \quad \text{----- (3)}$$

상기 식 (3)에서 A_{cf} 는 상기 접속광섬유의 유효면적(μm^2);

l_1 은 상기 제1 광섬유의 제1 길이(km);

l_2 는 상기 제2 광섬유의 제2 길이(km);

α_1 은 상기 제1 광섬유의 손실 지수(/km);

α_2 는 상기 제2 광섬유의 손실 지수(/km);

$$\alpha_3 = \frac{\alpha_1 l_1 + \alpha_2 l_2}{l_1 + l_2} \quad (/km)$$

$$\alpha_1 = 0.1 \times \alpha_1 \times \log(10);$$

$$\alpha_2 = 0.1 \times \alpha_2 \times \log(10);$$

$a_{\{1\}}$ 는 상기 제1 광섬유의 손실 계수(dB/km)

$a_{\{2\}}$ 는 상기 제2 광섬유의 손실 계수(dB/km)

$$L_1 \text{은 } L_1 = \exp(-\alpha_1 l_1);$$

$$L_2 \text{는 } L_2 = \exp(-\alpha_2 l_2).$$

【청구항 15】

~~제8항 내지 제14항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제1 분산치와 제2 분산치는 서로 반대~~
되는 부호를 갖고 상기 제1 분산치와 상기 제2 분산치간 차이는 적어도 10 ps/nm-km 인
광케이블.

【청구항 16】

제8항 내지 제14항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제1 분산기울기는 양의 값을 가지며,
상기 제2 분산기울기는 음의 값을 갖는 광케이블.

【청구항 17】

제8항 내지 제14항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제1 및 제2 분산기울기는 양의 값을
갖는 광케이블.

【청구항 18】

제8항 내지 제14항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 동작 파장내에 위치하는 중심파장에
서 제1 광섬유의 제1 분산치는 +4 내지 +20 ps/nm-km의 범위를 갖고 상기 제2 광섬유의
제2 분산치는 -20 내지 -4 ps/nm-km를 갖는 광케이블.

【청구항 19】

~~제18항에 있어서, 상기 제1 분산치는 15 내지 18 ps/nm-km 이며, 상기 제2 분산치는~~
-12 내지 -9 ps/km-nm인 광케이블.

【청구항 20】

제8항 내지 제14항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제1 분산기울기는 +0.1 ps/nm²-km 이
하의 값을 갖고, 상기 제2 분산기울기는 -0.1 ps/nm²-km 이상의 값을 갖는 광케이블.

【청구항 21】

제8항 내지 제14항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제1 및 제2 분산기울기는 +0.1 ps/nm²-km 이하의 값을 갖는 광케이블.

【청구항 22】

제8항 내지 제14항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제1 유효면적은 50 내지 90 μm^2 범위의 값을 갖고, 상기 제2 유효면적은 30 내지 80 μm^2 범위의 값을 갖는 광케이블.

【청구항 23】

제19항에 있어서, 상기 제1 및 제2 광섬유의 제1 및 제2 길이는 3 내지 6 km의 범위를 갖는 광케이블.

【청구항 24】

제8항 내지 제14항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제1 광섬유 및 제2 광섬유는 1300 내지 1550 nm 파장범위에서 분산치가 0이 되는 광케이블.

【청구항 25】

제8항 내지 제14항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제1 광섬유는 1300 내지 1500 nm 파장범위에서 분산치가 0이 되고, 상기 제2 광섬유는 1600 nm 이상의 파장범위에서 분산치가 0이 되는 광케이블.

【청구항 26】

복수개의 접속광섬유를 포함하는 파장분할다중화 시스템용 광케이블로서,

상기 복수개의 접속광섬유 각각은

소정 동작과장에서의 제1 분산치와 제1 분산기울기, 제1 길이 및 제1 유효면적을
 갖는 제1 광섬유;

소정 동작과장에서의 제2 분산치와 제2 분산기울기, 제2 길이 및 제2 유효면적을
 갖는 제2 광섬유; 및,

소정 동작과장에서의 제1 분산치와 제1 분산기울기, 제3 길이 및 제1 유효면적을
 갖는 제3 광섬유;를 포함하며,

상기 접속광섬유는 제1 광섬유, 제2 광섬유 및 제3 광섬유를 순차적으로 접속하여
 형성되는 광케이블.

【청구항 27】

제26항에 있어서, 상기 접속광섬유의 평균 분산치는 상기 광케이블내에서 상기 파
 장분할다중화시스템에서 요구하는 소정 선택값이 되도록 상기 제1 광섬유의 제1 분산치
 와 제1 길이; 제2 광섬유의 제2 분산치와 제2 길이; 및, 제3 광섬유의 제1 분산치와 제3
 길이를 제어하는 광케이블.

【청구항 28】

제26항에 있어서, 상기 접속광섬유의 분산 기울기가 상기 광케이블내에서 상기 파
 장분할다중화 시스템에서 요구되는 소정 선택값이 되도록 상기 제1 광섬유의 상기 제1
 분산치, 제1 분산 기울기와 제1 길이; 제2 광섬유의 상기 제2 분산치, 제2 분산 기울기
 와 제2 길이; 및, 제3 광섬유의 제1 분산치, 상기 제1 분산 기울기와 제3 길이를 제어하
 는 광케이블.

【청구항 29】

제26항에 있어서, 상기 접속광섬유의 유효면적이 상기 광케이블내에서 상기 파장분

할다중화 시스템에서 요구되는 소정 선택값이 되도록 상기 제1 광섬유의 제1 길이 및 제1 유효면적; 제2 광섬유의 제2 길이 및 제2 유효면적; 제3 광섬유의 제3 길이 및 제1 유효면적을 제어하는 광케이블.

【청구항 30】

제27항에 있어서, 상기 제1 광섬유 및 제3 광섬유의 제1 분산치; 상기 제2 광섬유의 제2 분산치; 및 상기 접속광섬유의 평균 분산치는 상기 동작 파장(λ)의 함수이며,

상기 접속광섬유의 평균 분산치는 하기 식 (4)에 의해 결정되는 광케이블;

$$D_{cf}(\lambda) = \frac{D_1(\lambda)l_1 + D_2(\lambda)l_2 + D_3(\lambda)l_3}{l_1 + l_2 + l_3} \quad \text{-----} \quad (4)$$

상기 식(4)에서 D_{cf} 는 상기 접속 광섬유의 평균 분산치(ps/nm-km) ;

D_1 은 상기 제1 광섬유의 제1 분산치(ps/nm-km);

D_2 는 상기 제2 광섬유의 제2 분산치(ps/nm-km);

l_1 은 상기 제1 광섬유의 제1 길이(km);

l_2 는 상기 제2 광섬유의 제2 길이(km);

l_3 은 상기 제3 광섬유의 제3 길이(km).

【청구항 31】

제28항에 있어서, 상기 제1 광섬유 및 제3 광섬유의 제1 분산치와 제1 분산기울기; 상기 제2 광섬유의 제2 분산치와 제2 분산기울기; 및 상기 접속광섬유의 평균 분산치와 분

산 기울기는 모두 상기 동작파장(λ)의 함수이며,

상기 접속광섬유의 분산기울기는 하기 식 (5)에 의해 결정되는 광케이블;

$$Scf(\lambda) = \frac{\partial Dcf(\lambda)}{\partial \lambda} = \frac{\frac{\partial D_1(\lambda)}{\partial \lambda} l_1 + \frac{\partial D_2(\lambda)}{\partial \lambda} l_2 + \frac{\partial D_3(\lambda)}{\partial \lambda} l_3}{l_1 + l_2 + l_3} = \frac{S_1(\lambda) l_1 + S_2(\lambda) l_2 + S_3(\lambda) l_3}{l_1 + l_2 + l_3}$$

(5)

상기 식(5)에서 Scf는 상기 접속 광섬유의 분산기울기(ps/nm²-km);

Dcf는 상기 접속 광섬유의 평균 분산치(ps/nm-km);

D₁은 상기 제1 광섬유의 제1 분산치(ps/nm-km);

D₂는 상기 제2 광섬유의 제2 분산치(ps/nm-km);

l₁은 상기 제1 광섬유의 제1 길이(km);

l₂는 상기 제2 광섬유의 제2 길이(km);

l₃은 상기 제3 광섬유의 제3 길이(km);

S₁은 상기 제1 광섬유의 제1 분산기울기(ps/nm-km);

S₂는 상기 제2 광섬유의 제2 분산기울기(ps/nm-km).

【청구항 32】

제29항에 있어서, 상기 접속 광섬유의 유효면적은 하기 식 (6)에 의해 결정되는 광케이블;

$$Acf = \frac{L_1 L_2 L_3 - 1}{\frac{\alpha_3}{\alpha_1} \frac{(L_1 - L_1 L_2 + L_1 L_2 L_3 - 1)}{A_1} + \frac{\alpha_3}{\alpha_2} \frac{L_1 (L_2 - 1)}{A_2}} \quad \text{-- (6)}$$

상기 식 (6)에서 A_{cf} 는 상기 접속광섬유의 유효면적(μm^2);

l_1 은 상기 제1 광섬유의 제1 길이(km);

l_2 는 상기 제2 광섬유의 제2 길이(km);

l_3 은 상기 제3 광섬유의 제3 길이(km);

α_1 은 상기 제1 광섬유의 손실 지수(/km);

α_2 는 상기 제2 광섬유의 손실 지수(/km);

$$\alpha_3 = \frac{\alpha_1 l_1 + \alpha_2 l_2 + \alpha_1 l_3}{l_1 + l_2 + l_3} \quad (/km)$$

$$\alpha_1 = 0.1 \times \alpha_1 \times \log(10);$$

$$\alpha_2 = 0.1 \times \alpha_2 \times \log(10);$$

$a_{\{1\}}$ 는 상기 제1 광섬유의 손실 계수(dB/km)

$a_{\{2\}}$ 는 상기 제2 광섬유의 손실 계수(dB/km)

$$L_1 \text{은 } L_1 = \exp(-\alpha_1 l_1);$$

$$L_2 \text{는 } L_2 = \exp(-\alpha_2 l_2);$$

$$L_3 \text{은 } L_3 = \exp(-\alpha_1 l_3).$$

【청구항 33】

제26항 내지 제32항중 어느 한 항에 있어서, 상기 제1 분산치와 제2 분산치는 서로 반대되는 부호를 가지며, 상기 제1 분산치와 제2 분산치간 차이는 적어도 10 ps/nm-km 이 상인 광케이블.

【청구항 34】

~~제26항 내지 제32항중 어느 한 항에 있어서, 상기 제1 분산기울기는 양의 값을 가지며,~~

제2 분산기울기는 음의 값을 갖는 광케이블.

【청구항 35】

제26항 내지 제32항중 어느 한 항에 있어서, 상기 제1 및 제2 분산기울기는 양의 값을 갖는 광케이블.

【청구항 36】

제26항 내지 제32항중 어느 한 항에 있어서, 상기 제1 분산치는 상기 동작파장내에서의 중심파장에서 +4 내지 +20 ps/nm-km 범위의 값을 갖고, 제2 분산치는 상기 동작파장내에서의 중심파장에서 -20 내지 -4 ps/nm-km 범위의 값을 갖는 광케이블.

【청구항 37】

제36항에 있어서, 상기 제1 분산치는 15 내지 18 ps/nm-km 이며, 상기 제2 분산치는 -12 내지 -9 ps/km-nm인 광케이블.

【청구항 38】

제26항 내지 제32항중 어느 한 항에 있어서, 상기 제1 분산기울기는 $+0.1 \text{ ps/nm}^2\text{-km}$ 이하이며, 제2 분산기울기는 $-0.1 \text{ ps/nm}^2\text{-km}$ 이상인 광케이블.

【청구항 39】

제26항 내지 제32항중 어느 한 항에 있어서, 상기 제1 및 제2 분산기울기는 $+0.1 \text{ ps/nm}^2\text{-km}$ 이하인 광케이블.

【청구항 40】

~~제26항 내지 제32항중 어느 한 항에 있어서, 상기 제1 유효면적은 50 내지 90 μm^2 범~~

위의 값을 갖고, 제2 유효면적은 30 내지 80 μm^2 범위의 값을 갖는 광케이블.

【청구항 41】

제37항에 있어서, 상기 제1, 제2 및 제3 길이는 3 내지 6 km 범위의 값을 갖는 광케이블.

【청구항 42】

제26항 내지 제32항중 어느 한 항에 있어서, 상기 제1, 제2 및 제3 광섬유는 1300-1500 nm 범위의 파장에서 0의 분산치를 갖는 광케이블.

【청구항 43】

제26항 내지 제32항중 어느 한 항에 있어서, 상기 제1 및 제3 광섬유는 1300 내지 1500 nm 범위의 파장에서 0의 분산치를 갖고, 제2 광섬유는 1600 nm 이상의 파장범위에서 0의 분산치를 갖는 광케이블.

【청구항 44】

제1항, 제8항 또는 제26항에 있어서, 상기 접속광섬유의 평균분산치는 1 내지 10 ps/nm-km의 범위를 갖는 광케이블.

【청구항 45】

제1항, 제8항 또는 제26항에 있어서, 상기 동작 파장의 범위는

(1) 1300 내지 1530 nm; (2) 1400 내지 1565 nm; 및 (3) 1530 내지 1650 nm로 이루어진 군 중 어느 하나인 광케이블.

【청구항 46】

소정 채널간격 및 채널수를 갖는 파장분할다중화 방식 광전송 시스템에 있어서,

파장이 서로 다른 복수개의 광신호를 제공하는 송신단;

상기 송신단에 접속되어 상기 광신호를 다중화하는 다중화기;

복수개의 광케이블로서, 상기 광케이블은 복수개의 접속광섬유를 포함하며, 상기 접속
광섬유 각각은 소정 동작파장에서의 서로 다른 분산치 및 분산기울기, 서로 다른 길이
및 서로 다른 유효면적을 갖는 복수개의 광섬유를 상기 광케이블 내에서 임의의 순서로
접속하여 형성되는 광케이블;

상기 복수개의 광케이블간을 상호접속하는 접속수단;

전송되는 광신호를 증폭하는 광증폭기;

상기 광케이블을 통해 전송된 광신호를 역다중화하는 역다중화기; 및,

상기 역다중화기에 접속되어 상기 역다중화된 광신호를 수신하는 수신단;

을 포함하는 광전송 시스템.

【청구항 47】

소정 채널간격 및 채널수를 갖는 파장분할다중화 방식 광전송 시스템에 있어서,

파장이 서로 다른 복수개의 광신호를 제공하는 송신단;

상기 송신단에 접속되어 상기 광신호를 다중화하는 다중화기;

복수개의 광케이블로서, 상기 광케이블은 복수개의 접속광섬유를 포함하며, 상
기 접속광섬유 각각은 소정 동작파장에서의 제1 분산치와 제1 분산기울기, 제1 길이 및
제1 유효면적을 갖는 제1 광섬유; 및 소정 동작파장에서의 제2 분산치와 제2 분산기울기

, 제2 길이 및 제2 유효면적을 갖는 제2 광섬유;를 포함하며, 상기 접속광섬유는 상기

제1 광섬유와 상기 제2 광섬유를 임의의 순서로 접속하여 형성되는 광케이블;

상기 복수개의 광케이블간을 상호접속하는 접속수단;

전송되는 광신호를 증폭하는 광증폭기;

상기 광케이블을 통해 전송된 광신호를 역다중화하는 역다중화기; 및,

상기 역다중화기에 접속되어 상기 역다중화된 광신호를 수신하는 수신단;

을 포함하는 광전송 시스템.

【청구항 48】

소정 채널간격 및 채널수를 갖는 파장분할다중화 방식 광전송 시스템에 있어서,

파장이 서로 다른 복수개의 광신호를 제공하는 송신단;

상기 송신단에 접속되어 상기 광신호를 다중화하는 다중화기;

복수개의 광케이블로서, 상기 광케이블은 복수개의 접속광섬유를 포함하며, 상기 접속광섬유 각각은 소정 동작파장에서의 제1 분산치와 제1 분산기울기, 제1 길이 및 제1 유효면적을 갖는 제1 광섬유; 소정 동작파장에서의 제2 분산치와 제2 분산기울기, 제2 길이 및 제2 유효면적을 갖는 제2 광섬유; 및, 소정 동작파장에서의 제1 분산치와 제1 분산기울기, 제3 길이 및 제1 유효면적을 갖는 제3 광섬유;를 포함하며, 상기 접속광섬유는 제1 광섬유, 제2 광섬유 및 제3 광섬유를 순차적으로 접속하여 형성되는 광케이블;

상기 복수개의 광케이블간을 상호접속하는 접속수단;

전송되는 광신호를 증폭하는 광증폭기;

상기 광케이블을 통해 전송된 광신호를 역다중화하는 역다중화기; 및,

상기 역다중화기에 접속되어 상기 역다중화된 광신호를 수신하는 수신단;

을 포함하는 광전송 시스템.

【청구항 49】

제46항 내지 제48항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 채널간격은 50 GHz인 광전송 시스템.

【청구항 50】

제46항 내지 제48항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 채널간격은 100 GHz 이상인 광전송 시스템.

【청구항 51】

제47항에 있어서, 상기 접속 수단은 복수의 광케이블 중 소정 광케이블에서의 제1 광섬유와 그 인접 광케이블에서의 제1 광섬유를 하나의 광선로상에서 접속하여, 상기 제1 광섬유로 구성된 부분의 길이를 조절하는 광전송 시스템.

【청구항 52】

제47항에 있어서, 상기 접속 수단은 복수의 광케이블 중 소정 광케이블에서의 제1 광섬유와 그 인접 광케이블에서의 제2 광섬유를 하나의 광선로상에서 접속하는 광전송 시스템.

【청구항 53】

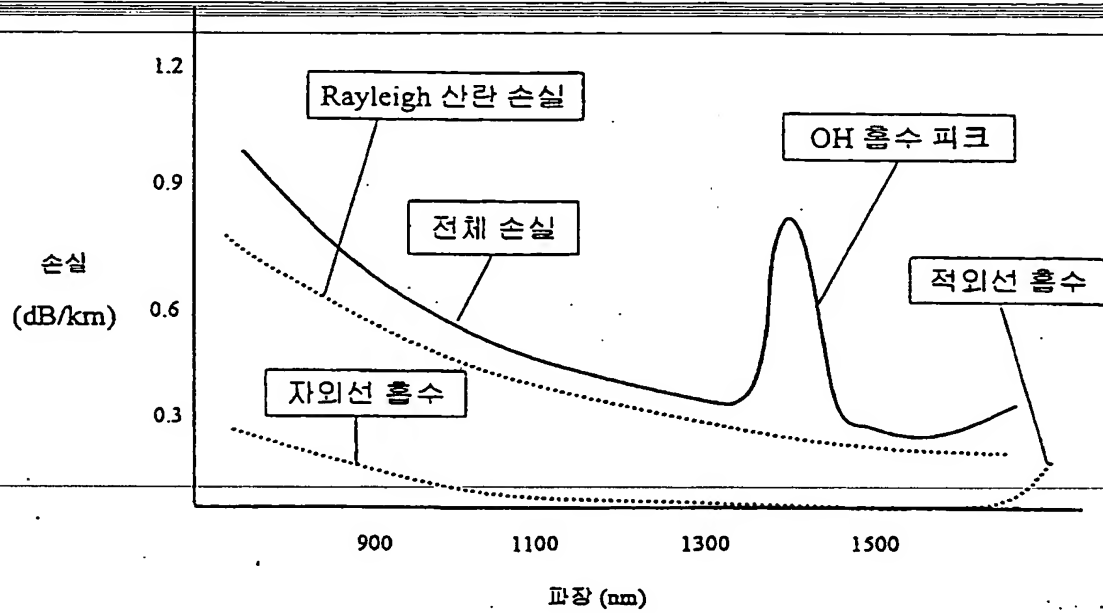
제48항에 있어서, 상기 접속 수단은 복수의 광케이블 중 소정 광케이블에서의 제1 광섬유와 그 인접 광케이블에서의 제1 광섬유를 접속하여 접속손실을 최소화하는 광전송 시스템.

【청구항 54】

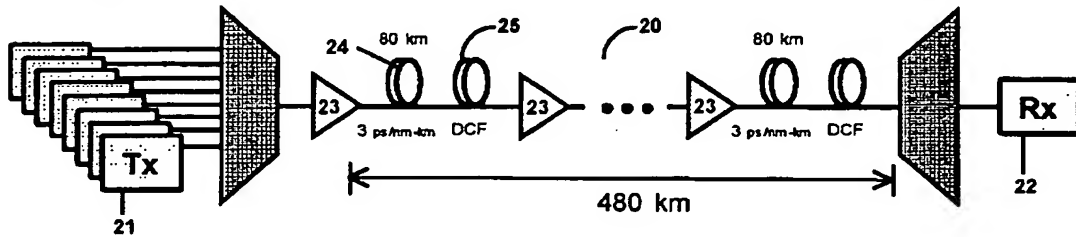
제48항에 있어서, 상기 접속 수단은 복수의 광케이블 중 소정 광케이블에서의 제3 광섬유와 그 인접 광케이블에서의 제1 광섬유를 접속하여 접속손실을 최소화하는 광전송 시스템.

【도면】

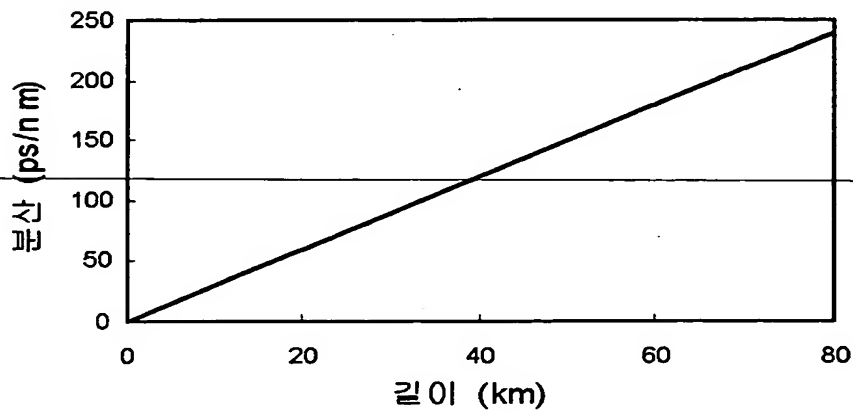
【도 1】



【도 2a】

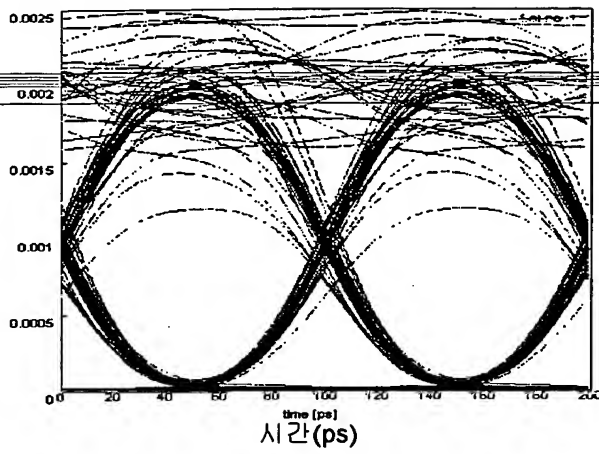


【도 2b】



$$D_{cf} = 3.0 \text{ ps/nm-km}$$

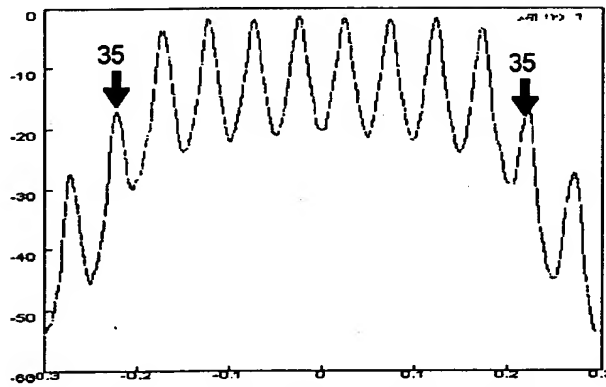
【도 3a】



【도 3b】

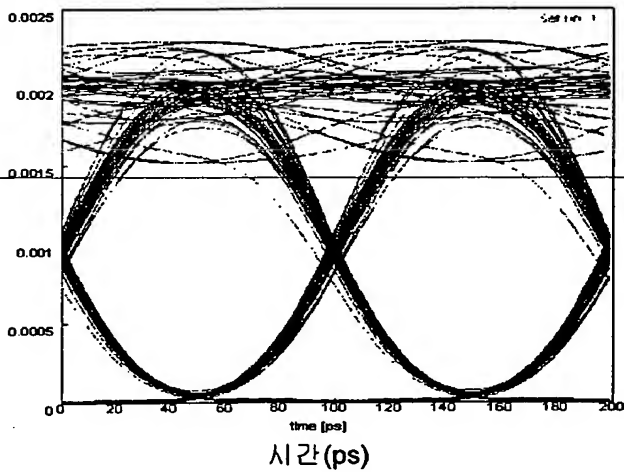
전력 (dBm)

광스펙트럼



193.1 THz 에 대한 광주파수 (THz)

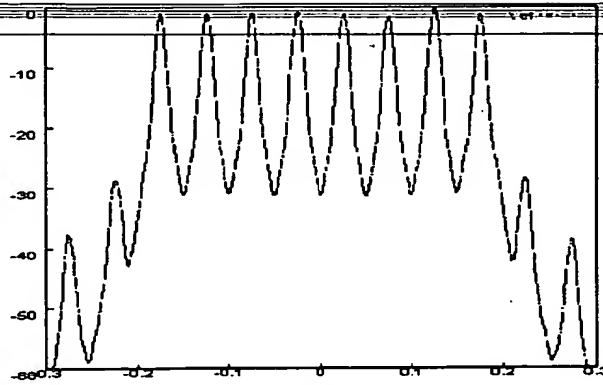
【도 4a】



【도 4b】

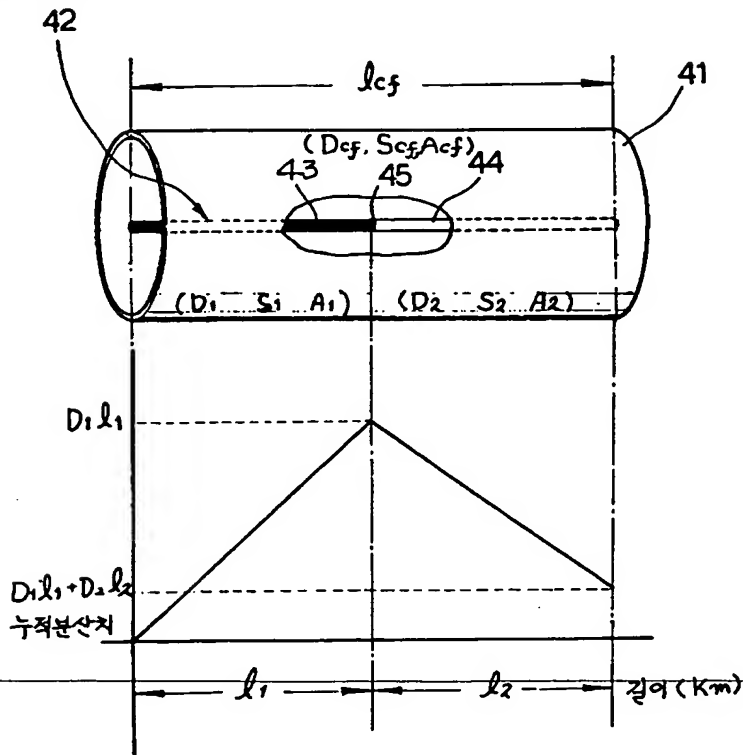
전력 (dBm)

광스펙트럼

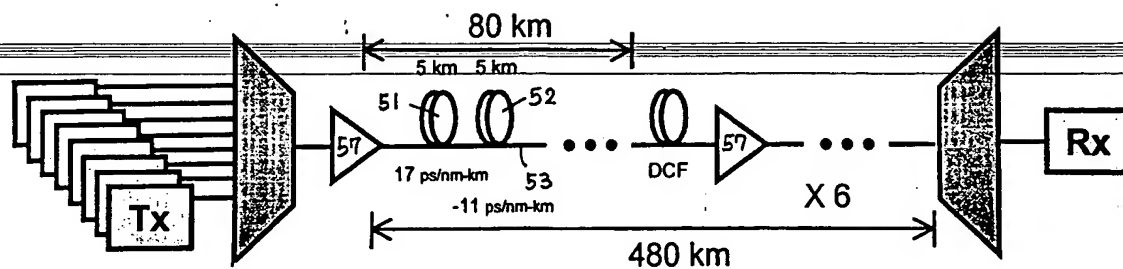


193.1 THz 에 대한 광주파수 (THz)

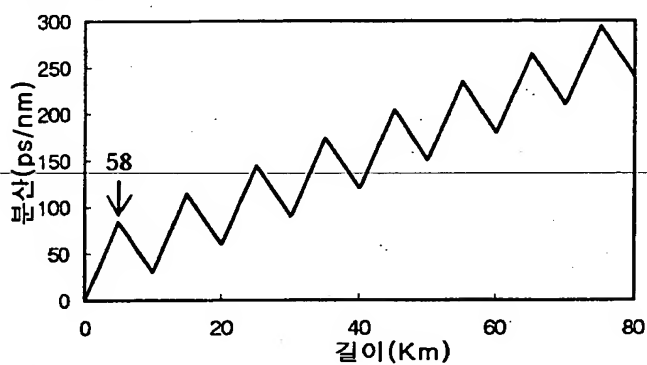
【도 5】



【도 6a】

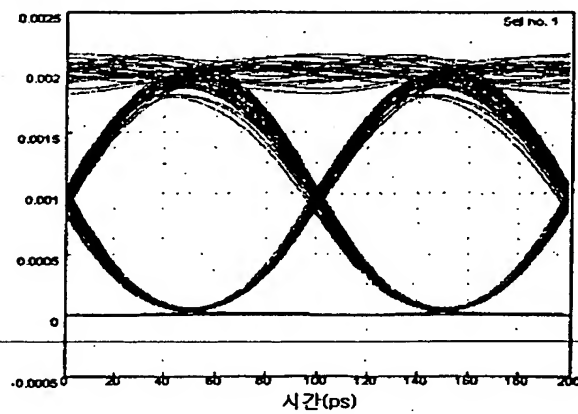


【도 6b】

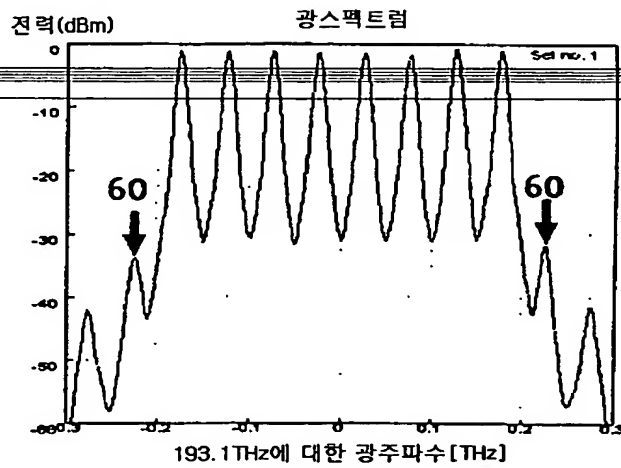


$$D_{cf} = 3.0 \text{ ps/nm-km}$$

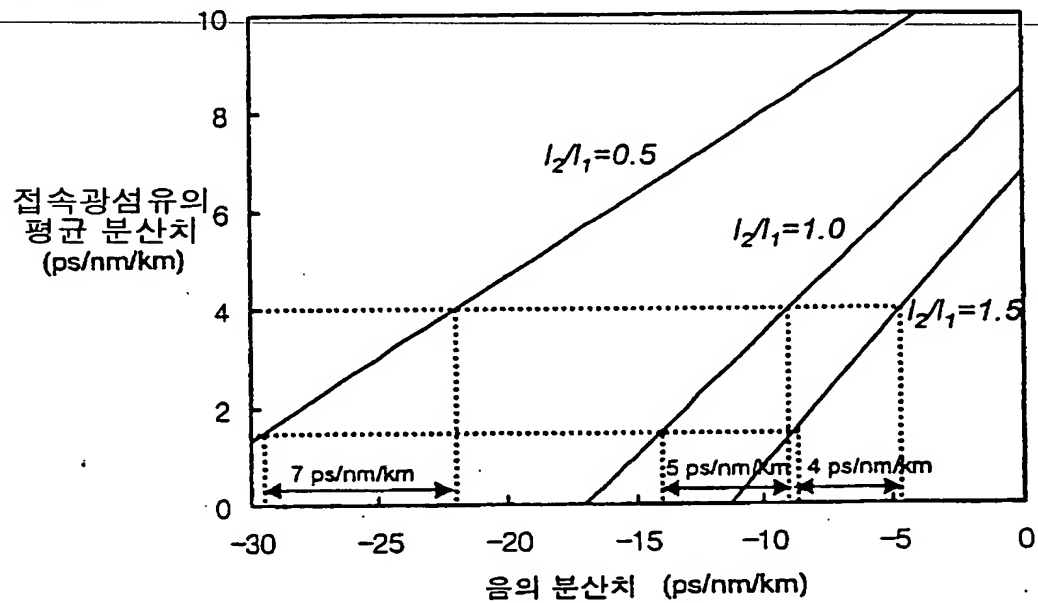
【도 7a】



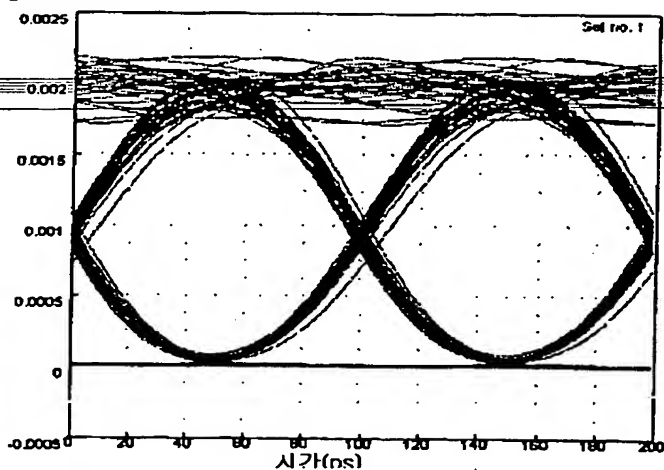
【도 7b】



【도 8】

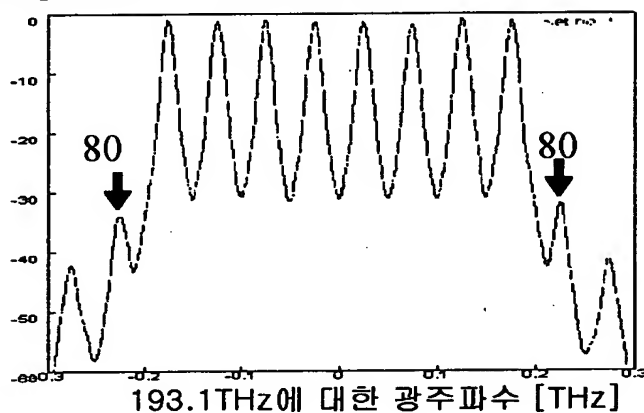


【도 9a】

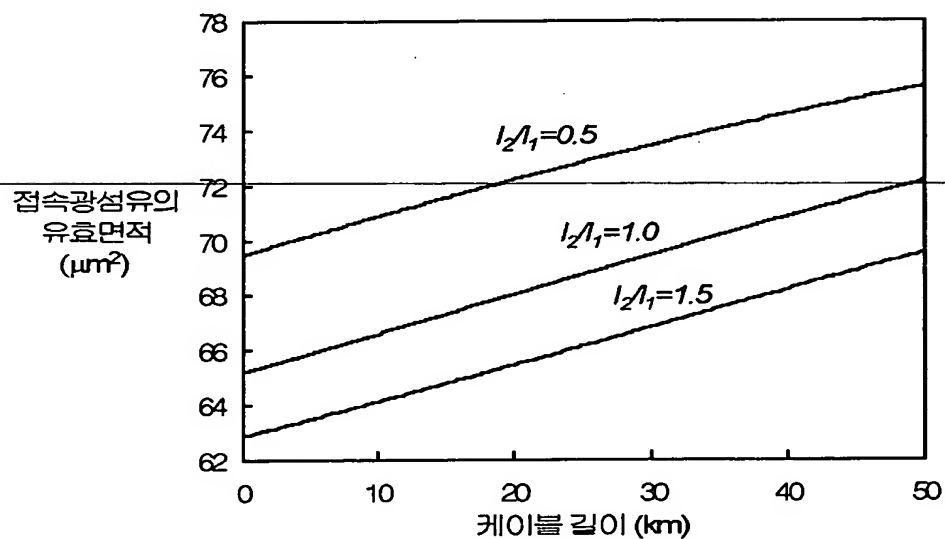


【도 9b】

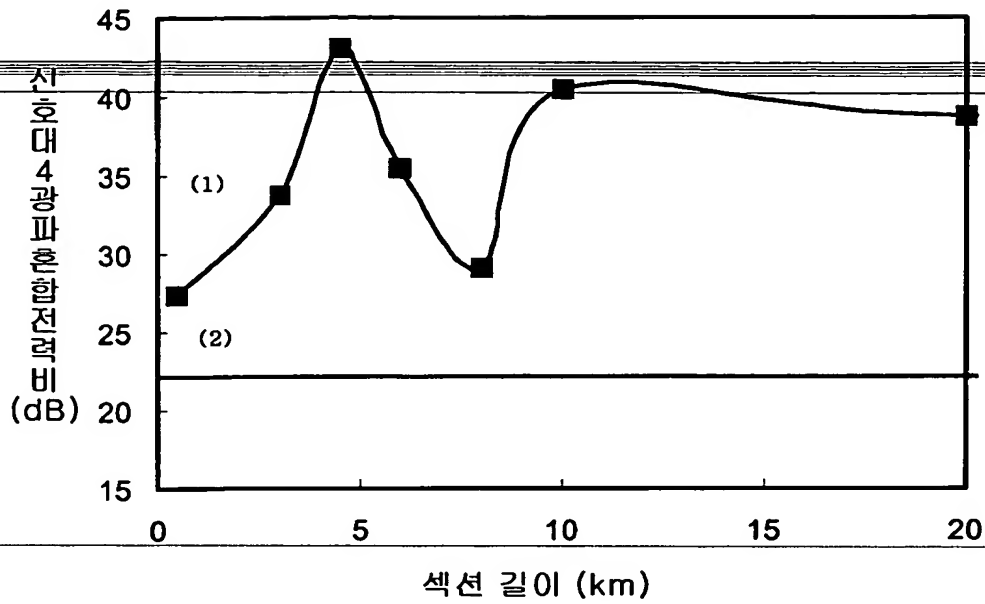
전력[dBm] 광스펙트럼



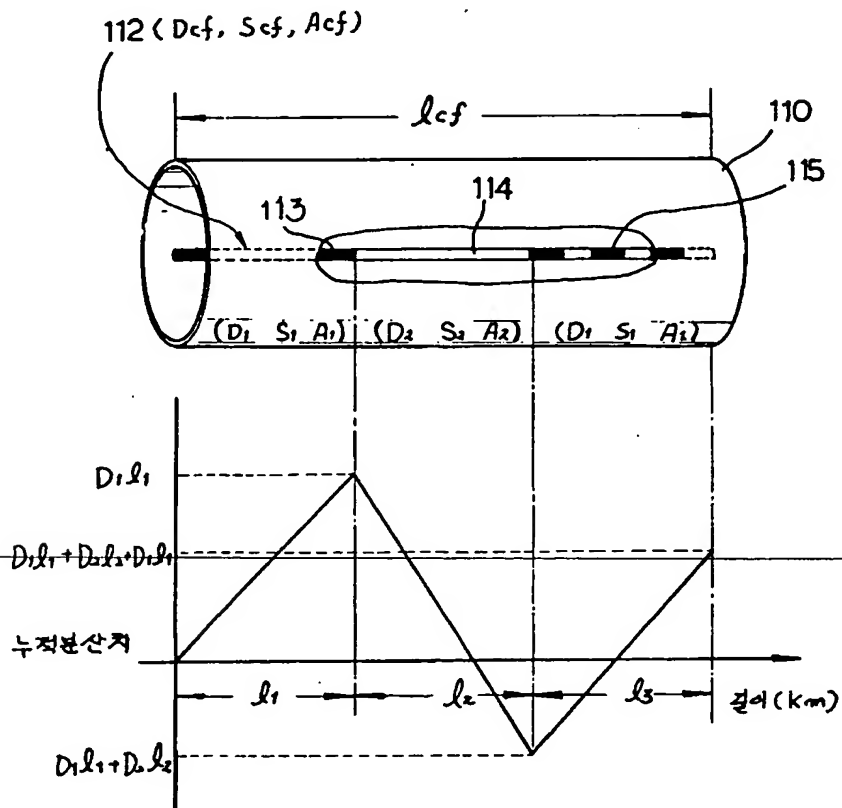
【도 10】



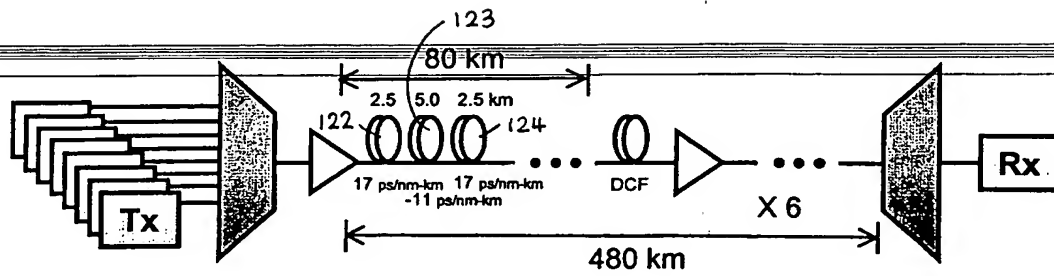
【도 11】



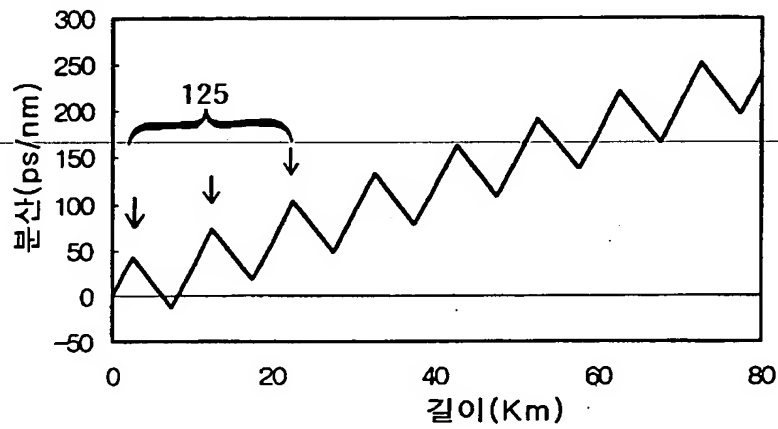
【도 12】



【도 13a】

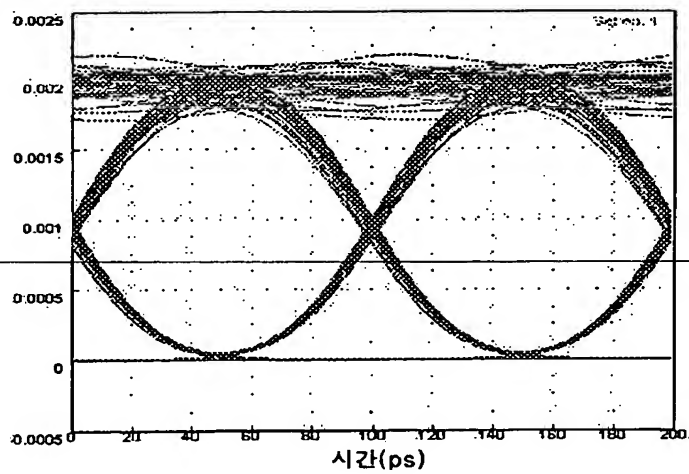


【도 13b】

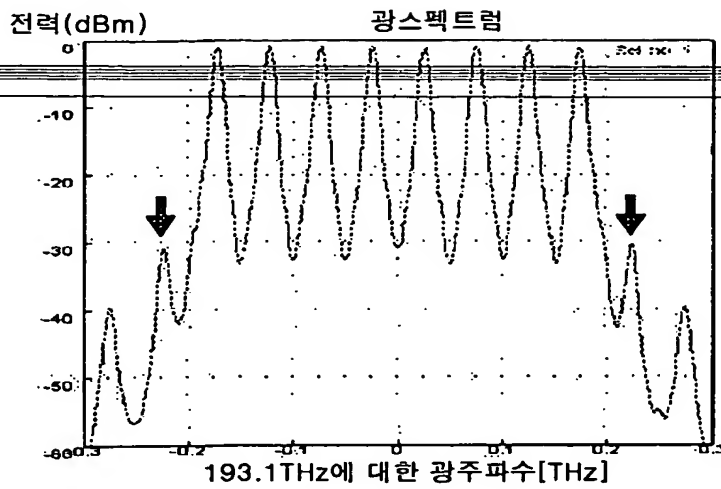


$$D_{cf} = 3.0 \text{ ps/nm-km}$$

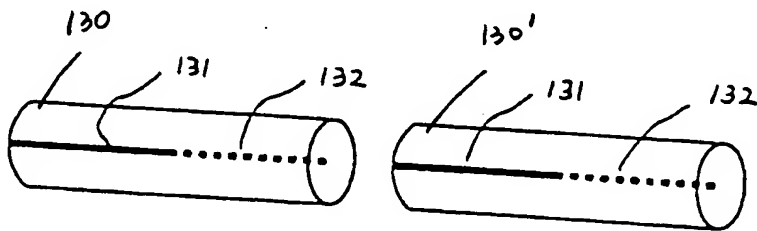
【도 14a】



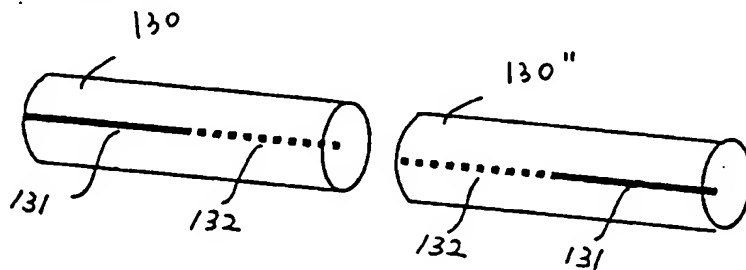
【도 14b】



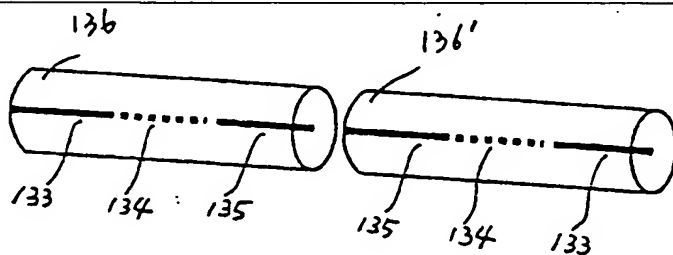
【도 15a】



【도 15b】



【도 15c】



【서류명】 서지사항보정서

【수신처】 특허청장

【제출일자】 1999.09.10

【제출인】

【명칭】 엘지전선 주식회사

【출원인코드】 119980002832

【사건과의 관계】 출원인

【제출인】

【명칭】 한국과학기술원

【출원인코드】 319980988661

【사건과의 관계】 출원인

【대리인】

【성명】 백덕열

【대리인코드】 919980002172

【대리인】

【성명】 손창규

【대리인코드】 919980003009

【대리인】

【성명】 이태희

【대리인코드】 919980003232

【사건의 표시】

【출원번호】 1019990033359

【출원일자】 1999.08.13

【심사청구일자】 1999.08.13

【발명의 명칭】 전송용량증대를 위한 광케이블 및 그를 사용한 파장분할다중화방식 광전송 시스템

【제출원인】

【발송번호】 151999002395452

【발송일자】 1999.09.01

【보정할 서류】 특허출원서

【보정할 사항】

【보정대상 항목】 첨부서류

【보정방법】 제출

1019990033359

출력 일자: 2000/8/18

【보정내용】

【첨부서류】

위임장 2통(포괄위임장, 위임장)

【취지】

~~특허법시행규칙 제13조~~ ~~실용신안법시행규칙 제12조의 규정~~
에 의하여 위와 같이 제출합니다.

【수수료】

【보정료】

11000

【기타 수수료】

0

【합계】

11000

【첨부서류】

위임장 1통 위임장(포괄위임장)1통